ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 FÉVRIER 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur JOSEPH BETHENOD,
par M. **LOUIS DE BROGLIE**.

L'Académie vient d'être frappée d'un deuil cruel et imprévu : **JOSEPH BETHENOD** a été victime, il y a huit jours, tandis qu'il travaillait seul dans sa bibliothèque, d'une hémorragie cérébrale qui l'a rapidement emporté.

Il était né à Lyon, le 28 avril 1883 et y avait fait toutes ses études. Il aurait désiré approfondir ses connaissances scientifiques en passant par les grandes Écoles ou l'Enseignement supérieur, mais des raisons de famille l'obligèrent à entrer à vingt ans dans l'industrie comme ingénieur. Cette circonstance ne l'empêcha pas de poursuivre tout seul ses études et ses recherches dans le domaine de la Physique générale et surtout de l'Électrotechnique. Grand admirateur des jeunes pionniers tels qu'André Blondel, Maurice Leblanc et Paul Boucherot, qui, poursuivant l'œuvre d'Alfred Potier, fondaient alors en France cette science nouvelle, il s'attacha particulièrement à suivre les traces d'André Blondel et s'enhardit, tout jeune encore, à venir à Paris lui présenter un travail qu'il venait de faire sur les moteurs à répulsion. Blondel le prit en amitié et favorisa sa carrière, qui dès lors se déroula à Paris. Bethenod fit son service militaire au poste de Radiotélégraphie de la Tour Eiffel, que le général (alors capitaine) Ferrié venait de créer. Il fut ainsi amené à apporter une attention particulière à toutes les questions touchant la Radioélectricité. Dès ce moment il se signale par de remarquables travaux et notamment par une étude approfondie des transformateurs à résonance, qui l'amène à découvrir et à interpréter le phénomène si curieux de la ferrorésonance, auquel son nom est resté attaché.

Après son service militaire, il est quelque temps secrétaire de la rédaction du journal *La Lumière électrique*, puis il devient ingénieur et conseil dans diverses sociétés industrielles, auxquelles il n'a pas cessé depuis d'apporter un concours hautement apprécié. Pendant la guerre de 1914-18, il est mobilisé dans la télégraphie militaire et y rend les plus grands services, notamment au poste de

Lyon-La Doua, où, résolvant des problèmes techniques d'une grande difficulté, il mène à bien l'installation d'un alternateur à haute fréquence alimentant directement l'antenne d'émission : cet appareil, le premier de ce type qui ait fonctionné en France, fut longtemps en service.

Les travaux de Joseph Bethenod ont porté sur les domaines les plus variés. En Radioélectricité, il a donné une théorie générale des circuits oscillants couplés, expliqué le fonctionnement de la réception dite *apériodique*, et inventé un grand nombre de dispositifs utiles. En Électrotechnique générale, suivant les traces de son maître Blondel, il a abordé et résolu une foule de problèmes difficiles. C'est ainsi qu'il a étudié la théorie des pertes dans les plaques minces parcourues par un courant alternatif et dans les tôles placées dans un champ magnétique périodique, qu'il a soumis à une analyse approfondie le fonctionnement de diverses machines électriques et poussé dans les détails l'étude si difficile des régimes transitoires. Il a également consacré une longue série de travaux à la théorie générale des systèmes oscillants autoentretenus, dont les applications sont si importantes, notamment en Radiotélégraphie, et il n'est pas jusqu'à la technique de l'Automobile qui n'ait fait l'objet de ses recherches.

Ce qui frappe surtout dans l'ensemble des travaux de Bethenod, c'est qu'ils sont toujours dirigés par des idées générales qui les éclairent et les mettent en valeur; c'est aussi que les méthodes employées sont toujours extrêmement souples et variées. Il maniait avec une grande sûreté dans les problèmes d'Électrotechnique les diagrammes vectoriels qu'André Blondel avait si heureusement utilisés. Mais, connaissant à fond les travaux de Vaschy, d'Heaviside, de Kennelly et de Steinmetz, il savait aussi profiter de toutes les ressources des méthodes analytiques et symboliques, et on lui doit une méthode de calcul nouvelle, la méthode semi-symbolique, qui a rendu de grands services.

Bethenod possédait également au plus haut degré le don de l'invention et de la mise au point, unissant ainsi la plus haute science théorique au souci des applications techniques. Innombrables sont les dispositifs, électriques ou radioélectriques, mécaniques ou télémécaniques qu'il a imaginés. Il n'a pas pris moins de 700 brevets dans le cours de son existence, et l'on comprend sans peine pourquoi les industriels attachaient tant de prix à son concours.

Notre Confrère était très cultivé et portait un intérêt particulier à l'histoire des Sciences. Les grands classiques de la Physique l'attiraient particulièrement et dès sa jeunesse il se plaisait à acheter des éditions originales de leurs œuvres. Ainsi avait-il réuni peu à peu une précieuse bibliothèque. Jusqu'aux derniers jours de sa vie, il a poursuivi des recherches relatives à la vie des savants et inventeurs illustres ou peu connus.

Joseph Bethenod était d'un caractère extrêmement affable : toute sa personne respirait la douceur et la bonté. Entré dans notre Compagnie il y a seulement quatorze mois, il y avait vite acquis toutes les sympathies et il n'y comptait que

des amis. Sa disparition prématurée nous prive non seulement d'un Confrère charmant, mais d'un représentant éminent de l'Électrotechnique qui sera difficilement remplacé; elle prive la France d'un savant et d'un ingénieur dont l'œuvre remarquable lui faisait le plus grand honneur.

M. **Charles Fabry**, comme président du Bureau des Longitudes, fait hommage à l'Académie de l'*Annuaire* pour 1944, qui paraît avec quelques semaines de retard. Ce volume contient les données physiques qui ne paraissent que tous les deux ans; plusieurs tableaux ont été complétés ou entièrement refaits. Les circonstances ont conduit à supprimer, pour la présente année, toute Notice scientifique.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Paul Marais de Beauchamp** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie en remplacement de M. *Albert Vayssière*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'alimention en période de rationnement. Que manger?* Édité par le Ministère de l'agriculture et du ravitaillement avec la collaboration des Services techniques de la propagande.

2° Savoir en histoire naturelle. Volume XIII. *Formulaire technique du géologue. Ce qu'il faut savoir sur l'Enseignement, l'Observation sur le Terrain, la Récolte, l'Étude et la Conservation des Roches et des Fossiles*, par Raymond Furon (présenté par M. Auguste Chevalier).

3° Id. Volume XIV. *Ce qu'il faut savoir sur la vie de l'Insecte. Physiologie et Biologie*, par Rémy Chauvin (présenté par M. Auguste Chevalier).

4° Id. Volume XV. *Ce qu'il faut savoir des Vers à soie. Leur élevage*, par Gaston Portevin (présenté par M. Auguste Chevalier).

ÉLASTICITÉ. — *Sur la déformation des voies de chemin de fer et les mouvements de lacet des locomotives.* Note (¹) de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

La théorie de Föppl, assimilant une voie de chemin de fer à une poutre de section uniforme reposant sur une base compressible (²), permet de déterminer,

(1) Séance du 7 février 1944.

(2) Föppl, *Technische Mechanik*, 3, p. 254.

avec une assez grande exactitude, la répartition sur les rails d'un système de charges fixes. En complétant l'équation de Föppl par des termes représentant les forces d'inertie et d'amortissement, il est possible, pour la voie courante comme pour les ponts, de définir le comportement de la voie au point de vue dynamique.

Les expériences anciennes de Flamache et Huberti sur les Chemins de fer Belges, de Coüard sur le Chemin de fer P. L. M., ainsi que les très nombreuses recherches faites aux États-Unis par une Commission spéciale : *Stresses on Railroad Track*, de l'American Railway Engineering Association ([3]) ont permis, non seulement de contrôler complètement le degré de validité de la théorie de Föppl, mais encore d'établir que les déformations élastiques transversales des voies pouvaient être définies par une équation analogue à celle admise pour les déformations verticales.

Les essais de Langer et Shamberger ([4]), effectuées sur le Great Northern Ry, semblent particulièrement concluants à ce sujet. Nous admettrons donc que le déplacement transversal y d'un rail, comme le déplacement vertical z, doit satisfaire à une relation de la forme

$$(a) \qquad \mathrm{EI}\frac{d^4 y}{dx^4} + \mu y + f\frac{dy}{dt} + m\frac{d^2 q}{dt^2} = \Sigma \mathrm{Q},$$

dans laquelle ΣQ, fonction de x et t, représente la somme des projections des forces exercées sur les rails par les roues d'une locomotive ou d'un train en mouvement.

Ces forces transversales Q peuvent être définies, en fonction de la charge verticale P d'une roue et de l'angle de cisaillement φ (angle du plan normal à l'essieu avec le plan vertical passant par l'axe du rail), comme l'ont montré les expériences de Labrijn des Chemins de fer Hollandais et celles de la Commission des Chemins de fer du Reich spécialement chargée de la détermination du coefficient de frottement transversal des roues en mouvement ([5]).

Ces essais semblent établir que ni la théorie du glissement ou ripement proposée par Uebelacker en 1913, développée par Heumann, Jaehn et nous-même ([6]), ni la théorie du *recul élastique* appliquée par nous dès 1912 ([7]),

---

([3]) *Proceedings de l'American Railway Engineering Association* de 1918, p. 875; 1920, p. 645; 1923, p. 295; 1925, p. 1084; 1930, p. 69; 1934, p. 69.

([4]) *Bulletin American Railway Engineers Association*, 33, n° 339, septembre 1931.

([5]) *Die Reibungszahl* μ' *der Quergleitenden Bewegung rollender Räder von Eisenbahnfahrzeugen, Organ*, 86, 1er octobre 1931.

([6]) *Circulation des machines en alignement et en courbe.* Institut Roumain de l'Énergie, n° 177.

([7]) Note intérieure de la Cie du Chemin de fer de Paris à Orléans, *Conicité des bandages et obliquité des rails*, rédigée en 1912 à l'occasion de la commande de 5 locomotives I. D. I. à la Cie C. E. M. Note reproduite en 1924 pour être remise à la Direction de la Cie.

développée d'une façon tout à fait indépendante par F. W Carter en 1916 sous le nom de théorie du *creeping* ou rampement ([8]) et reprise plus tard par les M. Y. Rocard, sous le nom de *pseudoglissement*, ne représentent correctement les phénomènes du contact roue-rail.

Les calculs que nous avons développés nous-même utilisent les courbes de Labrijn, en attendant d'en avoir de plus complètes; ils sont effectués par la méthode des arcs successifs, numériquement ou graphiquement ([9]). Les mouvements de lacet des machines ne peuvent, d'après notre théorie, être correctement calculés qu'en considérant à la fois les équations (a) et les équations définissant les mouvements individuels des trucks.

Autrement dit, une locomotive devrait être considérée comme constituée par un truck principal de grande inertie, relié à deux systèmes élastiques susceptibles d'oscillations transversales : la voie de roulement et les bogies guides (ou porteurs). Le bogie a une fréquence propre d'oscillation par rapport au truck principal, définie par son inertie et l'élasticité du dispositif de rappel. Le système truck principal-voie a une fréquence d'oscillation qui dépend des caractéristiques de la voie [paramètre des équations (a), des caractéristiques de la locomotive et des réactions *roue-rail* (courbes de Labrijn ou analogues]; cette fréquence est variable parce que les caractéristiques du système sont elles-mêmes variables, la masse de ballast participant réellement aux mouvements des rails et des traverses notamment.

Les oscillations du bogie et de la voie sont liées par un couplage plus ou moins lâche et, dans certains cas, elles peuvent entrer en résonance; les rails de la voie viennent alors « fouetter » les roues du bogie au moment voulu pour que les mouvements de lacet soient périodiquement amplifiés. Ainsi pourrait se concevoir le mécanisme des accidents dans lesquels la voie se déplace en prenant la forme de sinusoïdes d'amplitudes croissant jusqu'au déraillement.

Il y aurait analogie complète entre les vibrations des ponts de chemins de fer et les déformations des voies.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Dépôt, sur un obstacle, de particules en suspension dans un courant fluide.* Note de MM. **Edmond Brun**, **Guy Fasso** et **Marcel Vasseur**, présentée par M. Henri Villat.

1. Un courant fluide dont la vitesse au loin, $\vec{U}_0$, est constante, contient, en suspension, de petites particules solides (poussières, charbon pulvérisé etc.) ou liquides (gouttelettes d'eau, d'huile, de peinture, de métal fondu etc.). Ce courant rencontre un obstacle cylindrique dont les génératrices sont perpendi-

---

([8]) F. W. Carter, *Institution of Civil Engineers, Proceedings*, 1916, Paper n° 4176; *Proceed. Royal Society London*, 1928, p. 585.

([9]) *La Traction électrique et le Chemin de fer*, Paris, 1935.

culaires à la vitesse au loin. Si l'on peut négliger les forces de pesanteur devant les forces d'inertie, l'écoulement est le même dans tout plan perpendiculaire aux génératrices (écoulement plan).

Supposons qu'il existe un potentiel des vitesses, la présence des particules en suspension ne perturbant pas l'écoulement. Les particules qui, assez loin de l'obstacle, suivent le fluide avec la vitesse $\vec{U}_0$ ont, au voisinage de l'obstacle, des trajectoires distinctes des lignes de courant. Certaines de ces particules viennent rencontrer l'obstacle et sont alors captées par celui-ci; d'autres contournent l'obstacle.

Nous appellerons *coefficient de captation* γ, pour un écoulement et un obstacle déterminés, le rapport de la masse des particules captées par l'obstacle à la masse des particules qui traverse, pendant le même temps, la section droite du cylindre A circonscrit à l'obstacle et de génératrices parallèles à la vitesse à l'infini, $\vec{U}_0$. Si nous supposons toutes les particules en suspension identiques, le rapport γ est encore égal au rapport du nombre de particules captées au nombre de particules qui, pendant le même temps, traversent la section droite du cylindre A. La densité de la suspension ayant été supposée assez faible pour ne pas perturber l'écoulement du fluide, le coefficient de captation sera évidemment indépendant du nombre de particules par unité de volume dans le courant à l'infini.

2. Les particules en suspension, toutes identiques, sont caractérisées par leur forme, par l'une de leurs dimensions d, par leur masse spécifique ρ; désignons, en outre, par V leur volume et par S leur surface totale. Le fluide est caractérisé par sa masse spécifique ρ' et par sa viscosité cinématique ν. L'obstacle est caractérisé par la forme de sa directrice et par l'une de ses dimensions, D. En régime permanent, le fluide a, en un point M situé au voisinage de l'obstacle, la vitesse $\vec{U'}$; quand une particule passe au point M, elle est animée de la vitesse $\vec{U}$; la vitesse relative $\vec{u}$ de la particule par rapport au fluide est donc définie par $\vec{u} = \vec{U} - \vec{U'}$. Les diverses forces qui sont appliquées à la particule qui passe au point M sont : la force d'inertie, égale à $-\rho V(d\vec{U}/dt)$; les forces de pression, qui s'écrivent

$$-\iint_S \vec{n} p\, ds = -\iiint_V \overrightarrow{\text{grad}}\, p\, dV = -\overrightarrow{\text{grad}}\, p\, V$$

(l'application de la formule de la moyenne à l'intégrale triple se justifie en raison des faibles dimensions de la particule); la force de résistance qu'oppose le fluide au mouvement de la particule en déplacement relatif de vitesse $\vec{u}$. Cette force s'exprime sous la forme classique $-\rho' S u \vec{u} f(u d/\nu)$, où f est une fonction toujours positive.

L'équation du mouvement de la particule qui passe par M s'écrit donc

$$-\rho V \frac{d\vec{U}}{dt} - V\,\overrightarrow{\text{grad}}\,p - \rho S u \vec{u} f\left(\frac{u\,d}{\nu}\right) = 0$$

ou, en divisant par le volume V,

$$-\rho \frac{d\vec{U}}{dt} - \overrightarrow{\text{grad}}\,p - \frac{\rho u}{d} \vec{u} f\left(\frac{u\,d}{\nu}\right) = 0.$$

Nous pouvons transformer cette équation en remarquant que le mouvement du fluide au point M est défini par la relation

$$\rho' \frac{d\vec{U}}{dt} + \text{grad}\,p = 0.$$

Finalement l'équation du mouvement de la particule passant par M est

$$(1) \qquad \rho' \frac{d\vec{U}'}{dt} - \rho \frac{d\vec{U}}{dt} = \frac{\rho u}{d} \vec{u} \varphi\left(\frac{u\,d}{\nu}\right).$$

Dans le cas particulier de mouvements lents, la force de résistance s'exprime par la loi de Stokes et la loi de mouvement s'écrit

$$\rho' \frac{d\vec{U}'}{dt} - \rho \frac{d\vec{U}}{dt} = \frac{18\nu\rho}{d^2} \vec{u}.$$

3. L'obstacle restant semblable à lui-même, multiplions ses dimensions par le facteur λ'; multiplions les dimensions des particules par λ et leur masse spécifique du fluide par m. Multiplions également la masse spécifique du fluide par m' et sa viscosité cinématique par K. Le coefficient de captation reste le même, malgré ces changements, si les intensités de toutes les vitesses se trouvent multipliées par le même facteur λ/θ; pour qu'il en soit ainsi, il faut que soient égaux les facteurs

$$\frac{m'\lambda}{\theta^2}, \qquad \frac{m\lambda}{\theta^2}, \qquad \frac{m\lambda^2}{\theta^2\lambda'} \varphi\left(\frac{u\,d}{\nu} \frac{\lambda\lambda'}{\theta K}\right),$$

par lesquels sont multipliés alors les trois termes successifs de l'équation (1). Ces égalités impliquent les conditions

$$(2) \quad m = m', \qquad (3) \quad \lambda = \lambda', \qquad (4) \quad \frac{\lambda^2}{\theta K} = 1.$$

En résumé, si nous conservons à l'obstacle et aux particules la même forme, mais si nous changeons les valeurs des grandeurs d, D, ρ, ρ', ν et U_0, il suffit, pour que le coefficient γ reste le même, de satisfaire aux conditions (2), (3), (4), qui peuvent encore s'écrire

$$(2^{bis}) \quad \frac{\rho}{\rho'} = \text{const.}; \qquad (3^{bis}) \quad \frac{d}{D} = \text{const.}; \qquad (4^{bis}) \quad \frac{V_0 D}{\nu} = \text{const.}$$

Si les masses spécifiques ρ et ρ' restent constantes, les conditions précédentes

se réduisent à deux et peuvent s'écrirent $U_0 d/\nu = \text{const.}$ et $U_0 D/\nu = \text{const.}$; elles expriment alors que le coefficient γ reste le même quand les conditions de similitude de Reynolds sont satisfaites à la fois pour l'obstacle et pour les particules.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Lois de la relaxation, de la réactivité, du fluage. Loi de l'amortissement des oscillations d'un pendule de Coulomb.* Note de M. **Christian B. de Carbon**, présentée par M. Albert Caquot.

Tant que les efforts restent faibles, de manière à pouvoir négliger les effets de la plasticité (qui sont du 3e ordre) devant ceux de la viscosité (qui sont du 1er ordre), la loi qui relie l'effort $\mathcal{C}(t)$ à la déformation $\theta(t)$ est donnée par l'équation (2) de la Note précédente [1]. On peut, de cette seule formule, déduire les lois d'un certain nombre de phénomènes :

I. Relaxation. — *C'est-à-dire variation de l'effort sous déformation constante.* Sa loi est donnée par une *intégrale de Laplace-Abel*

$$\mathcal{C}(t) = \int_0^\infty e^{-st}.\mathrm{A}(s).ds;$$

l'effort finit toujours par tendre vers zéro, quoiqu'il puisse, *à notre échelle*, sembler tendre vers une limite finie correspondant à des valeurs finies de $\mathrm{A}(s)$ lorsque (s) devient très petit.

II. Réactivité. — *C'est-à-dire variation de forme sous effort nul.* Sa loi est

$$\theta(t) = \gamma + \int_0^\infty e^{-st}.\mathrm{B}(s).ds.$$

III. Fluage. — *C'est-à-dire variation de forme sous effort constant $\mathcal{C}$.* Sa loi est

$$\theta(t) = \gamma + \mathrm{L}\mathcal{C}t - \int_0^\infty e^{-st}.\mathrm{D}(s).ds,$$

c'est la superposition d'une réactivité à l'écoulement uniforme $\mathrm{L}\mathcal{C}t$.

On peut démontrer la propriété suivante : Après suppression de l'effort $\mathcal{C}$, *et lorsque la réactivité consécutive a fini de se faire sentir*, c'est-à-dire lorsque toute tension interne a disparu, la déformation permanente résiduelle est égale au produit $\mathrm{L}\mathcal{C}t$ dans le cas d'un effort constant, et à l'intégrale $\mathrm{L}\int \mathcal{C}(t).dt$ dans le cas d'un effort variable.

Rappelons que le couple $\mathcal{C}$ doit être faible pour qu'on puisse négliger l'influence de la plasticité, *dont l'apparition ferait augmenter la déformation permanente plus vite que l'effort*, ce que vérifie d'ailleurs l'expérience dès que l'effort devient notable.

---

(1) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 143.

Dans les équations précédentes, et lorsqu'il s'agit de torsion cylindrique, L est la constante définie par l'équation

$$\frac{1}{L}=\frac{\pi R^4}{2h}\int_0^\infty \frac{G'(\lambda)}{\lambda}\,d\lambda,$$

dans laquelle R et h sont les dimensions de l'éprouvette et $G(\lambda)$ la *fonction caractéristique de viscosité* définie dans une Note précédente ([2]). Quant à $A(s)$, $B(s)$, $D(s)$, ce sont des fonctions que l'équation (2) de la Note précédente ([1]) permet de calculer ([3]) quand on connaît $G(\lambda)$ et le passé mécanique de l'éprouvette défini soit par le couple $\mathcal{C}(t)$, soit par la torsion $\theta(t)$.

IV. Oscillations d'un pendule de Coulomb. — Leur loi se résume dans la formule

$$\theta = Ae^{-\alpha t}\sin(\omega t+\psi)+D+\int_0^\infty e^{-st}.F(s).ds;$$

elle est la somme d'un *mouvement oscillatoire amorti* et d'une *réactivité*.

A, ψ et D sont des constantes arbitraires dépendant des conditions initiales, $F(s)$ une fonction qui peut se calculer quand on connaît $G(\lambda)$ et le passé mécanique de l'éprouvette. Quant à α et ω, ce sont deux paramètres définis par le système d'équations intégrales

$$\frac{3h}{2\pi R^3}I=\int_0^\infty \frac{G'(\lambda)}{\omega^2+(\lambda-\alpha)^2}\,d\lambda,$$

$$\frac{3h}{\pi R^3}I\alpha=\int_0^\infty \frac{\lambda.G'(\lambda)}{\omega^2+(\lambda-\alpha)^2}\,d\lambda,$$

dans lesquelles I est l'inertie du volant.

DIFFRACTION. — *Étude de l'éclairement au voisinage du maximum central de la tache de diffraction dans le cas de faibles aberrations géométriques.* Note ([1]) de M. **André Maréchal**, présentée par M. Charles Fabry.

La qualité des images optiques est conditionnée en particulier par l'éclairement au centre de la tache de diffraction, dont la structure dépend des aberrations géométriques. Nous allons montrer que cet éclairement peut être calculé approximativement à partir de l'écart quadratique moyen entre la surface d'onde et une sphère convenablement choisie.

I. *Relations préliminaires.* — Soit Σ une surface d'onde quelconque, limitée à un contour Γ; nous la supposerons assez voisine d'une sphère S, de centre C,

---

([2]) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 668.

([3]) Par des dérivations, des intégrations et la solution d'une équation intégrale de Fredholm de première espèce.

([1]) Séance du 14 février 1944.

de rayon R; si M est un point de Σ, MC coupe S en P, nous poserons $\overline{PM} = \Delta$, $\overline{MC} = D$, $\Psi = 2\pi\Delta/\lambda$. Le carré de l'écart quadratique moyen entre Σ et S est $E = \iint_\Sigma \Delta^2 \, ds$ en posant $ds = d\sigma \Big/ \iint d\sigma$ ($d\sigma$ est l'élément d'aire de Σ).

La surface d'onde étant donnée *a priori*, on peut se fixer ensuite le point C : E ne dépend plus que de R et l'on montre qu'il s'exprime par

$$E = E_0 + (R - R_0)^2.$$

E_0 étant le carré moyen de l'écart relatif à la sphère de rayon $R_0 = \iint D \, ds$, qui sera appelée *sphère moyenne* de centre C.

II. *Étude de l'éclairement en* C. — Prenons pour unité l'éclairement au centre de la tache de diffraction lorsque la surface d'onde est parfaitement sphérique; pour une onde de forme quelconque, nous aurons

$$e = \left[\iint \cos\Psi \, ds\right]^2 + \left[\iint \sin\Psi \, ds\right]^2.$$

Si S est la sphère moyenne, nous pouvons écrire, en supposant $|\Delta| < \lambda/4$, c'est-à-dire $\cos\Psi > 0$,

$$e \geqq \left[\iint \cos\Psi \, ds\right]^2 > \left[\iint \left(1 - \frac{\Psi^2}{2}\right) ds\right]^2$$

et, puisque $\Psi^2 = (4\pi^2/\lambda^2)\Delta^2$, on aboutit à l'inégalité

$$\boxed{e > \left[1 - \frac{2\pi^2}{\lambda^2} E_0\right]^2.}$$

La limite inférieure ainsi calculée s'écarte peu de la valeur exacte, nous n'avons négligé que des termes en Ψ^4.

III. *Applications*. — *a*. Prenons comme foyer F d'une onde donnée le point de l'espace où l'éclairement est maximum; on peut le déterminer en écrivant que E_0 est minimum par rapport aux trois coordonnées du point C.

b. Pour obtenir la latitude de mise au point le long d'un axe Fx passant par F, on calcule la dérivée seconde

$$\frac{\partial^2 e}{\partial x^2} \# -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \frac{\partial^2 E_0}{\partial x^2} \sqrt{e}.$$

Si α est l'angle (Fx, MF), on trouve

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 E_0}{\partial x^2} = \iint \cos^2\alpha \, ds - \left(\iint \cos\alpha \, ds\right)^2.$$

La latitude de mise au point est pratiquement indépendante des aberrations géométriques lorsqu'elles sont faibles : elle varie comme $\sqrt{e}$, *qui est voisin de* 1.

Les calculs numériques de Conrady confirment sensiblement ce résultat : pour un même déplacement le long de Fx on obtient une baisse d'éclairement égale à 0,19 en l'absence d'aberrations, et à 0,17 en présence d'une aber-

ration sphérique égale à λ, compensée par un défaut de mise au point égal à $\lambda(\sqrt{e}=0,9\simeq 0,17/0,19)$. Dans le cas d'une onde limitée à un contour circulaire d'axe Fx, on trouve

$$\frac{\partial^2 E_0}{\partial x^2}=\frac{1}{6}(1-\cos\alpha_m)^2.$$

Si l'on se déplace le long de Fx de façon que la différence de marche entre le centre et le bord de l'onde varie de $\lambda/4$, l'éclairement en l'absence d'aberrations sera

$$e \# \left[1-\frac{2\pi^2}{\lambda^2}\frac{\partial^2 E_0}{\partial x^2}\frac{1}{2}\left(\frac{\lambda}{4(1-\cos\alpha_m)}\right)^2\right]^2=\left[1-\frac{\pi^2}{96}\right]^2=0,805.$$

(Le calcul numérique effectué par Conrady donne $e=0,810$.)

IV. On peut étudier les variations d'éclairement dans le plan focal autour de F (c'est-à-dire la forme du solide de diffraction de Ch. André, au voisinage de son maximum); on arrive au résultat suivant :

Les directions des lignes de courbure du solide de diffraction en son maximum sont parallèles aux axes principaux d'inertie de la surface d'onde et les courbures, qui ne dépendent pas des aberrations, sont proportionnelles aux moments principaux d'inertie.

Cette proposition a pu être vérifiée sur l'objectif de l'héliomètre de Kœnigsberg, qui fournit une surface d'onde semi-circulaire. [Le rapport des courbures du solide de diffraction est égal à 0,284 d'après les calculs de Straubel (2), alors que le rapport des moments principaux d'inertie d'un demi-cercle est égal à 0,280.]

Il reste à montrer comment on applique l'inégalité précédente à l'étude de l'influence de faibles aberrations géométriques.

INFRAROUGE. — *Mise en évidence, par les spectres d'absorption infrarouge, de composés oxoniums acétal—gaz chlorhydrique.* Note de M. **Laszlo Szobel**, présentée par M. Aimé Cotton.

De travaux antérieurs (1) et de notre précédente Note (2), il résulte que, pour les éthers-oxydes R—O—R′, l'effet spectral des pseudo-*valences supplémentaires* de l'oxygène est le suivant : déplacée vers les basses fréquences par rapport à la fréquence de valence 4ν(CH), on observe une bande 4ν(CH→O); elle correspond à la perturbation de la fréquence précédente. En saturant ces valences

---

(2) *Ast. Nachrichten*, 1895, n° 3327.

(1) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; M. et R. Freymann, *Cahiers de Physique*, 14, 1943, p. 49.

(2) L. Szobel, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 315.

supplémentaires de l'oxygène par le gaz chlorhydrique, la bande $4\nu(CH \to O)$ disparaît. Il nous a paru intéressant de développer cette étude en examinant les acétals du type $CH^2(OR)^2$ et $R'CH(OR)^2$ qui renferment deux fonctions éther-oxyde. A cet effet nous avons examiné (sous 20^{cm} d'épaisseur) le spectre d'absorption entre 0,8 et $1^{\mu},2$ [1] des acétals $CH^2(OCH^3)^2$; $CH^2(OC^2H^5)^2$; $CH^2(OC^3H^7)^2$; $CH^2(OC^4H^9)^2$; $CH^3-CH(OCH^3)^2$; $CH^3CH(OC^2H^5)^2$ etc. Nous envisagerons surtout ici les deux premiers.

En outre les spectres de $CH^2(OCH^3)^2$ et de quelques autres acétals ont été enregistrés entre 1,2 et $2^{\mu},2$ sous 1^{cm} et $0^{cm},1$. Ce travail fait partie d'une étude plus étendue abordée en collaboration avec M. Krausz.

I. *Spectres d'absorption, entre* 0,8 *et* $1^{\mu},2$, *de* $CH^2(OCH^3)^2$; *action de* ClH. — Nous avons préparé le méthylal par déshydratation de $CH^2OH + HCHO$ par $CaCl^2$ anhydre, puis purification par distillation (É 41°C.). Après en avoir enregistré le spectre, nous l'avons saturé de gaz chlorhydrique sec à —20°C.; la solution renfermait alors 17 % en volume de ce gaz. *Le spectre de* $CH^2(OCH^3)^2$ *pur* (*fig.* 1) *confirme les résultats antérieurs* [1] *et ceux que*

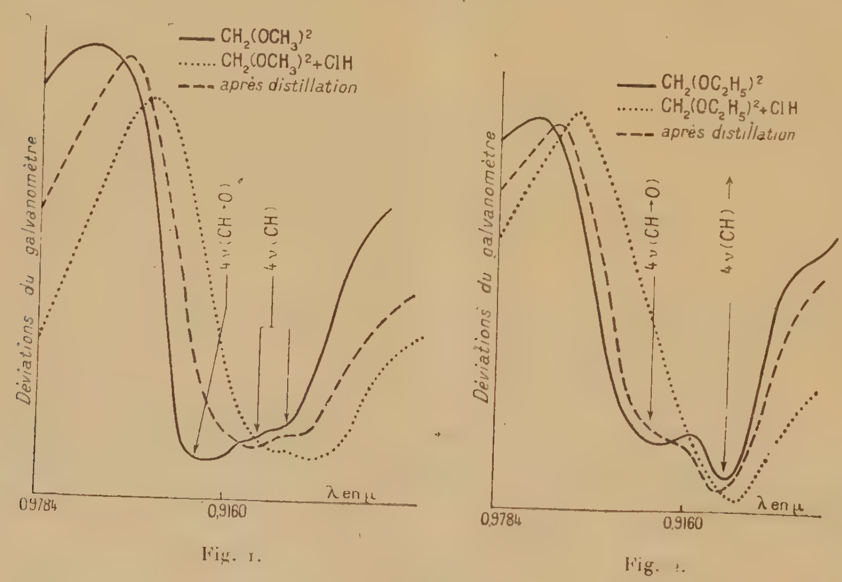


Fig. 1. Fig. 2.

nous avions obtenus pour $(CH^3)^2O$ [2] : *existence de la bande* $4\nu(CH)$ *avec composantes à* 11053 *et* 11144 cm^{-1}; *existence de la bande* $4\nu(CH \to O)$, *plus intense que la précédente, à* 10873 cm^{-1} [*comme pour* $(CH^3)^2O$]. *De plus, comme précédemment, l'addition de* ClH *affaiblit de façon considérable la bande* $4\nu(CH \to O)$ (*fig.* 1). Signalons enfin le déplacement très important des composantes $4\nu(CH)$ lors de l'addition de ClH.

Or, les mêmes phénomènes ayant été observés pour les éthers-oxydes et leurs mélanges avec ClH (qui constituent des composés oxoniums), *nous avons été conduit à la conclusion suivante, qui n'avait jamais été vérifiée jusqu'ici à notre*

connaissance ([3]) : *les acétals, comme les éthers-oxydes, peuvent former des composés oxoniums avec* HCl.

On pourrait nous objecter que ClH a provoqué la désacétylation du méthylal, d'où la modification du spectre. Il n'en est rien : 1° la solution traitée par ClH ne montre pas de bande OH qui traduirait la formation de l'alcool; 2° nous avons chassé ClH de la solution chlorhydrique en distillant deux fois le mélange. La figure 1 montre, pour le produit recueilli, *la réapparition partielle de* $4\nu(CH \to O)$, *prouvant ainsi la libération des groupements* OCH^3. *L'acétal primitif ainsi régénéré n'avait donc pas été décomposé, mais seulement associé à* ClH ([4]).

II. *Spectre d'absorption, entre* 0,8 *et* 1$^\mu$,2, *de* $CH^2(OC^2H^5)^2$ *et* $CH^3CH(OCH^3)^2$; *action de* ClH. — Nous n'insisterons pas sur ces cas, qui confirment les résultats précédents. Indiquons seulement qu'ici $4\nu(CH \to O)$ est moins intense que $4\nu(CH)$ et que la disparition par ClH est quasi totale (*fig.* 2). Par distillation (*fig.* 2) le spectre reprend sensiblement son aspect primitif.

III. *Spectres d'absorption entre* 1,2 *et* 2$^\mu$,2 *des acétals.* — Sans entrer dans le détail des résultats obtenus, nous examinerons seulement le spectre de $CH^2(OCH^3)^2$ dans cette région. L'harmonique $3\nu(CH)$ présente les composantes 8559 et 8487 cm^{-1}, alors que $3\nu(CH \to O)$ apparaît, plus intense, à 8327 cm^{-1}. Cette dernière disparaît presque entièrement (à —70° C.) par formation du composé oxonium avec ClH. Donc cet harmonique 3ν confirme entièrement les résultats et les conclusions tirées ci-dessus pour l'harmonique 4ν.

Par contre, il est très surprenant de constater que l'harmonique 2ν *ne semble pas se comporter comme* 3ν *et* 4ν. Si l'on observe bien les composantes de $2\nu(CH)$ à 5928, 5872, 5778 cm^{-1}, la bande $2\nu(CH \to O)$ ne semble pas apparaître pour le méthylal pur : des bandes très faibles (à 5684, 5574 cm^{-1}) ne peuvent correspondre à la bande si intense de 8327 ou de 10873 cm^{-1}. Des recherches nouvelles permettront seules d'expliquer ce résultat anormal.

RAYONS X. — *Sur une composante de grande fréquence de l'émission* $L\beta_2$ *des atomes lourds*. Note de Mlle **Yvette Cauchois.**

La connaissance systématique d'émissions X qui ne trouvent pas place dans les schémas d'énergie des atomes ionisés une fois, peut conduire, comme je l'ai

---

([3]) Signalons toutefois que Tschelnitew et Koslov (*Centralblatt*, I, 1915, p. 828), après avoir étudié des mélanges éther-SO^4H^2, ont émis l'hypothèse de l'existence d'un oxonium acétal-SO^4H^2.

([4]) Le fait que le mélange distillait à 39°C. (et non à 41°C.) montre qu'il y avait encore des molécules ClH fixées dans le distillat; c'est ce qui explique l'allure de la courbe après distillation.

montré ([1]), ([2]), à la détermination des énergies d'états d'ionisation double en couches profondes. J'ai ainsi été amenée à une étude approfondie des satellites $L\beta_2$ pour les éléments lourds. Les spectres analysés m'ont révélé l'existence d'une émission voisine de $L\beta_2$ qui avait, je crois, passé jusqu'ici inaperçue. J'ai déjà mentionné le fait ([2]), en suggérant qu'elle s'apparentait peut-être à $L\alpha'$, de la même manière que β_2^{I} et β_2^{II} à α^{ix} et α^{x}. La présente Note se réfère à cette émission, que je désigne par β_2^0. Sur tous les clichés dont je dispose pour les éléments susceptibles d'étude, de 92 à 71 inclusivement (y compris 76 et 77, que je réserve), correspondant à des conditions d'enregistrement variées, pourvu que le temps de pose soit convenable et la dispersion suffisante, β_2 apparaît fortement asymétrique du côté des grandes fréquences. Au contraire, vers les petites fréquences, elle présente une chute d'intensité beaucoup plus abrupte, suivie par l'émission de dipôle, bien séparée, $\beta_{15}(L_{III}N_V)$. Dans cette bande satellite de $\beta_2(L_{III}N_{IV})$, il est possible de pointer un maximum apparent d'intensité qui définit la longueur d'onde d'une « raie » β_2^0. Sous la meilleure dispersion, l'aspect de cette émission ne m'autorise pas encore à affirmer s'il s'agit d'une raie relativement étroite, noyée dans un étalement de β_2; ou s'il s'agit d'une bande, au moins en partie résoluble en une ou plusieurs composantes. Pour certains éléments, comme U, l'apparence est plutôt celle d'une bande partant de β_2; pour d'autres, comme 72 et 71, elle montre un maximum défini. La position du maximum pourrait être influencée par le noircissement de β_2 et par la dispersion; j'ai tenté de me mettre à l'abri de ces causes d'erreur. Le fait certain est l'existence même de l'émission β_2^0, dont le tableau donne la position apparente à 0,1 u.x. près.

β_2.	λ(u.x.).	ν/R.	Δν/R à β_2.
92 U ([a])	752,4	1211,1	+1,1
88 Ra ([b])	832,7	1094,3	+1,2
83 Bi	952,4	956,8	+0,8
82 Pb	979,4	930,4	+0,8
81 Tl	1007,3	904,7	+0,9
79 Au	1067,1	854,0	+0,8
78 Pt	1098,8	829,3	+0,7
75 Re	1203,3	757,3	+0,5
74 W	1241,0	734,3	+0,6
73 Ta	1280,9	711,4	+0,5
72 Ct ([c])	1322,6	689,0	+0,5
71 Lu	1366,3	667,0	+0,5

([a]) Pour le thorium (90) il y a coïncidence avec $L\beta_4$.
([b]) Mesures faites sur les clichés de H. Hulubei (*Journ. de Phys.*, 7e série, 8, 1937, p. 260).
([c]) Mesures faites sur les clichés de I. Manescu (*Comptes rendus*, 215, 1942, p. 104).

La détermination des différences de fréquence entre ce nouveau satellite

([1]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, pp. 529 et 801.
([2]) *Journ. de Phys.*, 8e série, 5, 1944, p. 1.

et β_2 indique, au contraire de ce que j'avais pensé, qu'il ne peut être rapproché ni de $L\alpha'$, ni de $L\alpha^y$, pour aboutir à l'estimation d'un nouvel état d'ionisation multiple. Car ces différences sont supérieures à celles relatives à α' et α^y. D'ailleurs il me semblerait arbitraire d'essayer d'associer β_2^0 avec l'un ou l'autre des satellites de α_1 de fréquences inférieures, dont le comportement avec le numéro atomique n'est guère comparable à celui de β_2^0.

Mais l'origine d'un satellite n'est pas nécessairement une ionisation multiple plus ou moins profonde. Elle peut aussi relever d'une structure fine des termes X, qui donne naissance à des multiplets, alors qu'en première approximation les émissions X s'ordonnent en spectres de doublets. Par exemple, la démultiplication des raies $L\beta_2$, γ_1 et γ_2 dans le groupe des terres rares, qui engendre les composantes de grandes longueurs d'onde β_{14}, γ_9 et γ_{10}, s'interprète qualitativement ainsi [3], par suite de l'interaction entre la couche *incomplète* $N_{VI, VII}$ et les autres niveaux N qui participent aux émissions en question. Mlle Allais a montré que cette démultiplication existe encore pour le 70, mais non plus pour le 71. En fait ses clichés indiquent, comme les miens, un étalement de $71\beta_2$ vers les courtes ondes, où se mesure bien β_2^0. Je ne sais encore si β_2^0 existe pour les terres rares plus légères; $L\beta_2$ du 70 offre du côté des grandes ondes, la structure intense et complexe analysée par Mlle Allais; tandis que, pour une intensité comparable à celle de $71\beta_2$, son bord de grande fréquence reste abrupte.

Une émission voisine de β_2 : $L\beta_2(a)$ a été signalée [4] pour Nd(60) et Ce(58), comme pour une dizaine d'atomes plus légers; je ne puis dire si β_2^0 s'y rattache.

Quoi qu'il en soit, la question de la nature de ces nouvelles composantes de $L\beta_2$ pose de nouveau le problème de l'origine des satellites, à savoir : ionisation multiple, multiplicités supérieures des spectres X, ou autres. A ce titre elle semble mériter d'être approfondie. Des études en cours sur les terres rares, ainsi que sur la tension d'excitation, sont destinées à la préciser. Parallèlement, il y a lieu de rechercher des émissions comparables, au voisinage d'autres raies de dipôles. $L\gamma_1$ présente, dans certains cas, une dissymétrie vers les petites ondes; mais le satellite éventuel serait moins intense que celui mesuré ici près de β_2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dénaturation du sérum par le chauffage.* Note [1] de M. **Jean Loiselbur**, Mlles **Colette Crovisier** et **Jeanne Tillard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que le chauffage du sérum de Cheval à des températures atteignant au plus 55° s'accompagne de modifications physicochimiques nombreuses,

---

(3) M.-L. Allais, *Cahiers de Physique*, 7, 1942, p. 13.

(4) R. D. Richtmyer, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1802.

(1) Séance du 21 novembre 1943.

mais qui restent réversibles [2] (sauf la légère augmentation du pH, consécutive au départ du CO^2). Si l'on chauffe davantage, l'action de la chaleur entraîne des modifications irréversibles de plus en plus marquées. Nous étudions ici les transformations dues à un chauffage à 57° pendant 2 heures.

On constate d'abord que le sérum devient opalescent (voir le tableau), phénomène constant, plus ou moins marqué selon l'origine du sérum et sa pigmentation initiale.

Augmentation de la densité optique du sérum due au chauffage
(2 heures à 57°).

	Sérums normaux		Sérums antidiphtériques		
	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.
Avant chauffage........	0,142	0,346	0,235	0,167	0,238
Après «	0,148	0,493	0,256	0,140	0,290

Cette opalescence traduit la diminution de la solubilité de certaines des protéines du sérum, ce qui prouve la dénaturation de ces dernières, conformément à la définition de Sörensen.

Une expérience très simple met en évidence les modifications liées à cette dénaturation. Dialysons, côte à côte, dans deux sacs de cellophane, un sérum quelconque (normal ou préparé) frais et le même sérum chauffé. Pour le sérum frais, à partir d'un abaissement suffisant de la concentration des électrolytes, il apparaît un trouble, puis la précipitation de l'euglobuline en flocons légers de faible importance. Or le sérum chauffé présente un tout autre comportement :

a. L'abaissement de la conductivité du sérum sous l'effet de la dialyse est beaucoup moins rapide qu'avec le sérum frais : les électrolytes ont donc formé, sous l'action du chauffage, des combinaisons nouvelles, non ou peu dissociables.

b. On constate toujours un retard considérable dans la précipitation de l'euglobuline, comme si elle s'était accolée, au cours du chauffage, à d'autres protéides sériques intervenant vis-à-vis d'elle comme colloïdes protecteurs.

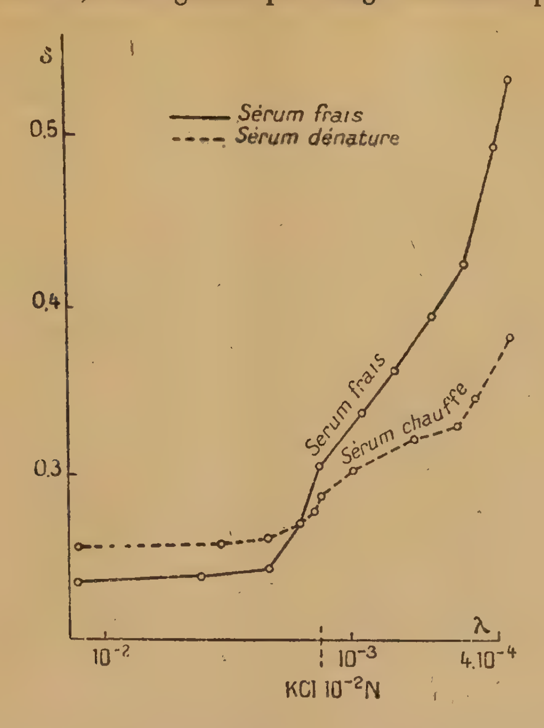
c. Quand l'euglobuline du sérum chauffé se met enfin à précipiter, le précipité est grenu et plus abondant que dans le cas du sérum frais : l'euglobuline a entraîné avec elle les protéides qui avaient retardé sa précipitation.

Les courbes ci-après reproduisent les variations de la turbidité au cours de la dialyse (cette dernière mesurée indirectement par l'abaissement de la

---

(2) P. Lecomte du Noüy, *Ann. Inst. Past.*, 42, 1928, p. 742; 43, 1929, p. 749; 44, 1930, p. 109; 45, 1930, p. 251; 48, 1932, p. 187; 49, 1932, p. 762; 50, 1933, p. 127; 54, 1935, p. 142.

conductivité λ). On constate sur la courbe du sérum chauffé un retard considérable à l'opacification, témoignant que l'euglobuline ne possède plus dans le



sérum chauffé les mêmes degrés de liberté que le sérum frais. Le phénomène est encore plus démonstratif en opérant avec du sérum dilué.

La dénaturation du sérum chauffé semblerait donc intéresser les rapports réciproques entre l'euglobuline et les autres protéides du sérum.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Le rôle du limiteur sur la fixation de l'hydrogène par le fer polycristallin au cours du décapage acide*. Note de M. **Léon Moreau**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que l'on ajoute aux bains acides de décapage du fer certains corps organiques dans le but d'éviter une trop grande dissolution du métal ainsi que les effets fâcheux de l'hydrogène sur ses propriétés mécaniques. On admet que cette action résulte de la formation, à la surface du métal, d'une couche continue d'adsorption. Dans cette étude nous nous proposons de démontrer que l'adsorption de ces limiteurs d'attaque est surtout importante aux joints des grains, ce qui empêche le cheminement intergranulaire de l'hydrogène et supprime de ce fait la fragilité de décapage.

Nous rappelons que, dans nos études antérieures sur le chargement en hydrogène du fer au cours du décapage ([1]), nous avons montré que ce gaz formait,

([1]) Georges Chaudron et Léon Moreau, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 790.

au contour des grains, des poches où il s'accumule à l'état moléculaire sous haute pression. Ces poches se vident au cours du repos du métal; le cheminement des gaz est intergranulaire, au cours du chargement ou du dégazage.

Dans le cas de l'attaque par les acides d'un échantillon monocristallin, on constate seulement une fixation non réversible de gaz dans le réseau, ce qui se traduit par une augmentation de la dureté ([2]).

Dans les expériences résumées dans la figure 1, nous avons mesuré la dureté

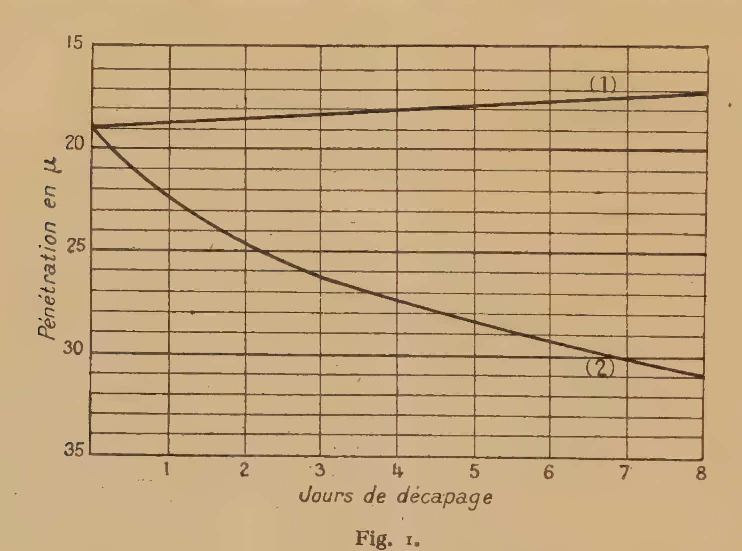


Fig. 1.

superficielle (bille de $1^{mm},54$ sous $12^{kg},48$) en fonction du temps de décapage dans HCl 10 %. La courbe (1) (*fig.* 1) correspond aux essais en présence d'un limiteur (pyridine à 2 %), la dureté croît constamment au fur et à mesure que s'effectue l'absorption de l'hydrogène atomique dans le réseau; c'est ce que l'on constate aussi avec un monocristal. Au contraire, sans addition de limiteur [courbe (2) (*fig.* 1)], il semble que la dureté décroît; plus exactement il s'agit d'un écrasement par la bille des poches gazeuses superficielles. Cette courbe indique donc la pénétration de la bille au fur et à mesure qu'apparaissent et se dilatent les poches superficielles d'hydrogène.

Dans une autre série d'expériences, résumées dans la figure 2, nous avons mesuré le nombre N de pliages à 90° d'un fil d'acier extra-doux de 2^{mm} de diamètre après décapage. La courbe (1) (*fig.* 2) est relative à l'attaque en présence du même limiteur : on observe une chute très faible du nombre de pliages; celui-ci reste sensiblement constant en fonction du temps. Si nous plaçons le fil dans le vide, il laisse dégager, à la température ordinaire, moins de 2^{cm^3} d'hydrogène aux 100^g en 150 heures [courbe (1 *bis*)]. Au contraire en

([2]) Léon Moreau, Georges Chaudron et Albert Portevin, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 554.

l'absence du limiteur nous constatons [courbe (2)] une chute rapide et continue du nombre de pliages et d'autre part, par séjour du fil dans le vide, un départ important de l'hydrogène intergranulaire [courbe (2 *bis*)], qui atteint 14^{cm^3} aux 100^g en 150 heures.

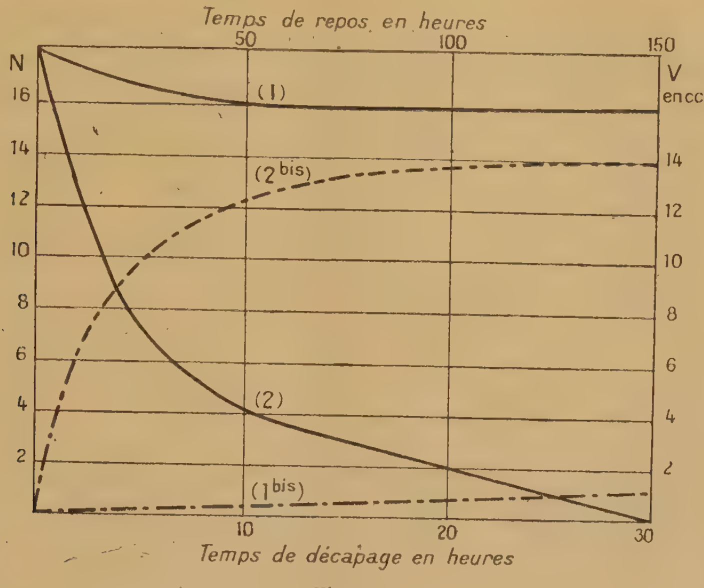


Fig. 2.

En conclusion, nous constatons que les variations des propriétés mécaniques d'un échantillon de fer polycristallin lors du décapage en présence d'un limiteur (dans ces expériences, 2 % de pyridine) sont identiques à celles d'un monocristal de fer attaqué par la même solution d'acide pur.

Il est donc vraisemblable d'admettre qu'il y a une absorption particulière du limiteur aux contours intercristallins. Cela nous a suggéré que les limiteurs de décapage devaient être des sortes de poisons pour certains réactifs métallographiques qui mettent particulièrement bien en évidence les contours des grains. C'est en effet ce que nous avons constaté, pour certains réactifs du fer (HCl, SO^4H^2 10 % et acide nitrique à 10 % dans l'alcool) qui sont pratiquement inactifs en présence de pyridine.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un formiate basique de fer*. Note de MM. **René Dubrisay** et **Alain Guillemin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une étude sur la corrosion des métaux par le méthanol et ses produits d'oxydation poursuivie par l'un de nous, nous avons observé, dans le cas particulier du fer, la production d'un produit jaune, bien cristallisé, qui peut être préparé de la façon suivante :

Dans un ballon de 2^l, on verse 1^l de méthanol anhydre, 5 à 10^g de fer et 1^{cm^3}

d'acide formique et l'on fait barboter un courant d'air sec. La réaction se produit rapidement. L'acide formique disparaît, on en ajoute progressivement des quantités nouvelles en évitant cependant de réaliser la disparition complète du fer. On arrive ainsi à obtenir, en un jour ou deux, plusieurs grammes d'un corps jaune, cristallisé en fines aiguilles que l'on sépare par une filtration rapide en évitant autant que possible le contact de l'air et de l'humidité atmosphérique. Ce produit est lavé au méthanol anhydre, filtré à nouveau, puis mis en suspension pendant 24 heures dans l'éther anhydre. Après une nouvelle filtration, le corps est conservé dans un dessiccateur à vide. L'analyse conduit à attribuer la formule

$$(HCO^2)Fe(OCH^3)^2,$$

ainsi qu'il résulte des chiffres suivants :

	Fe %.	H %.	C %.
Trouvé	34,41	4,14	21,70
Calculé	34,29	4,29	22,08

Si l'on dissout le corps dans un acide dilué, on peut, dans la solution, caractériser des ions ferriques, mais pas d'ions ferreux. Ces divers résultats nous conduisent à regarder le produit obtenu comme identique au diméthoxyferriformiate que Hoffmann et Bugge [1] ont préparé par une tout autre méthode. Il s'agit d'un formiate basique, dans lequel l'oxyde ferrique en excès est non pas hydraté comme dans les sels basiques habituels, mais alcoylé.

Le diméthoxyformiate ferrique ne peut fondre sans décomposition. Il est insoluble dans l'eau, un peu soluble dans le méthanol et dans divers solvants organiques. Au contact de l'eau ou même de l'humidité atmosphérique, il s'hydrolyse en donnant dans une première phase de l'alcool méthylique et du formiate basique rouge suivant la réaction

$$HCO^2Fe(OCH^3)^2 + 2H^2O \rightarrow HCO^2Fe(OH)^2 + 2CH^3OH.$$

Si le contact avec l'eau est prolongé et surtout si l'on chauffe vers 50°, la décomposition est plus complète et l'on obtient du formiate neutre et de l'hydroxyde ferrique

$$3HCO^2Fe(OH)^2 \rightarrow (HCO^2)^3Fe + 2Fe(OH)^3.$$

Calciné à l'abri de l'air, le diméthoxyformiate se décompose avec libération de fer. Le métal obtenu est pyrophorique. Des expériences en cours avec d'autres métaux et des homologues de l'acide formique fournissent des résultats du même genre.

---

[1] *Ber. d. chem. Ges.*, **40**, 1907, p. 3764. Ces auteurs préparaient le produit par oxydation suivie d'alcoolyse du formiate ferreux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la forme aldéhydique du maltose (maltose peracétylé).* Note [1] de MM. A. **Nowakowski** et Z. **Mroczkowski** [2].

Nous nous sommes fixé comme but d'ouvrir l'anneau lactol du maltose, afin d'arriver à sa forme aldéhydique. Trois méthodes conduisent aux aldoses ouverts : *a.* par le diéthylmercaptal (acétylation et rupture du groupe thioacétal); *b.* par l'oxime ou la semicarbazone (acétylation et rupture des groupements oxime ou semicarbazone); *c.* directement par peracétylation.

1. *Peracétylation indirecte.* — Nous avons choisi la première méthode. L'éthylmercaptal du maltose octacétylé [3] est transformé en décaacétylaldomaltose par rupture du groupe thioacétal, et en même temps peracétylation au moyen d'un mélange d'anhydride acétique et d'acide sulfurique. Ce maltose peracétylé, de formule $(H^3C.CO.O)^6.C^6H^7.O.C^6H^7(O.CO.CH^3)^4$, est purifié par double distillation sous vide élevé (10^{-3} mm Hg), à une température de 210-220°. Il se présente sous forme d'une substance non cristalline, incolore, de pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{19} + 72°,4$. Sa teneur en acide acétique se monte à 76-77 %; valeur théorique calculée 76,92 % pour $C^{32}H^{44}O^{22}$. L'analyse élémentaire ne permet pas de conclure à un maltose déca- ou octo-acétique par suite de la même teneur centésimale en carbone et en hydrogène. En conséquence nous avons déterminé le poids moléculaire de cette nouvelle substance par trois méthodes : *a.* par oxydation au moyen de l'hypoïodite de sodium (P. M. 774 ± 4); *b.* par cryoscopie, en utilisant le camphre comme dissolvant (P. M. 765 ± 3); *c.* par ébullioscopie, en utilisant le benzène comme dissolvant (P. M. 757 ± 4).

Ces résultats conduisent à admettre la présence du décaacétylaldomaltose (P. M. 780,3).

Le maltose libre se forme par saponification du décaacétylaldomaltose. Celui-ci se transforme par acétylation en β-octoacétylmaltose. Pendant la distillation sous vide poussé de l'octoacétylaldomaltose, nous sommes parvenus à isoler en toute petite quantité, dans la fraction comprise entre 180-190°, une substance cristalline de point de fusion 118°, de concentration en acide acétique de 85 %. Cette substance correspond à l'heptaacétylaldoglucose [4]. On remarque que l'influence hydrolytique de l'acide sulfurique est minimum pendant la réaction de peracétylation. En supposant que puissent se former d'autres produits d'hydrolyse, nous avons déterminé les intervalles de température entre lesquels ceux-ci distillent sous 10^{-3} mm Hg. L'α- et le β-pentacétylglucose distillent entre 100-110°, le β-octoacétate du maltose entre 170 et 180°. Par suite de cette importante différence des températures

---

(1) Séance du 13 décembre 1943.

(2) Ce travail a été terminé en 1939; sa publication a été retardée par les événements.

(3) Wolfrom, Newlin et Stahly, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 4379.

(4) Wolfrom, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2498.

de distillation, notre décaacétylaldomaltose, purifié deux fois par distillation sous vide, doit être exempt de produits d'hydrolyse.

2. *Essais de peracétylation directe.* — Nous avons entrepris des essais afin d'arriver au décaacétylaldomaltose par une peracétylation directe. Dans ce but, nous avons laissé agir un excès d'anhydride acétique et de $ZnCl^2$ sur le β-octo-acétyl-maltose.

Après distillation sous vide (10^{-3} mm Hg, 170-180°), nous avons obtenu une masse non cristalline qui ne montre aux rayons X aucune interférence importante et ne possède à la lumière polarisée qu'une faible réfraction double. Sa teneur en acide acétique s'élevait à 70,60 % (teneur théorique de l'octo-acétylmaltose 70,79 %), son pouvoir rotatoire équivalait à $[\alpha]_D^{20} + 110°,3$. Le poids moléculaire de cette substance (théorique 678,6), déterminé par la méthode d'oxydation au moyen de l'hypoïodite de sodium, a été trouvé égal à 689 ± 5, tandis que la méthode ébullioscopique avec le benzène comme dissolvant a donné 668 ± 6. Ces résultats, ainsi que les dosages de la teneur en acide acétique, permettent de conclure à un octoacétylmaltose. Une peracétylation n'a donc pas eu lieu.

De deux façons nous avons de nouveau acétylé ce produit $[\alpha]_D^{20} + 110°,3$:

a. au moyen d'un mélange d'anhydride acétique et de $ZnCl^2$: les constantes physiques de la substance obtenue n'ont pas été modifiées;

b. par l'anhydride acétique et la pyridine : aucune modification des propriétés physiques du produit n'a été constatée. Une saponification et une nouvelle acétylation du produit $[\alpha]_D^{20} + 110°,3$ donne le β-octoacétyl-maltose, une estérification forme l'heptaméthyl-β-méthylmaltoside. Tous ces essais montrent que le produit directement peracétylé est identique à l'α-octa-acétylmaltose $[\alpha]_D^{20} + 122°,77$ (5). Il reste encore à éclaircir pourquoi ce produit n'est pas cristallin, tandis que l'α-octoacétylmaltose est obtenu sous forme cristalline.

Conclusions. — Nos essais montrent que des deux méthodes principales qui conduisent au maltose peracétylé, la voie indirecte par le mercaptal conduit seule au but. On obtient le décaacétate de l'aldéhydomaltose n'existant que sous une forme optique, car l'atome de carbone asymétrique du groupe aldéhydique a disparu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques esters cétoniques, esters époxydiques et cétones actifs de la série cyclohexanique.* Note de MM. **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. *Acide méthyl-4 cyclohexanone-2 carboxylique-1 actif.* — Obtenu selon la technique de H. D. Gardner, W. H. Perkin et H. Watson (1) ou de

(5) Hudson et Johnson, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1276.

(1) *J. Chem. Soc.*, 97, 1910, p. 1767.

Tsan Quo Chou et W. H. Perkin (2) par carbonatation de la méthyl-3 cyclohexanone sodée, cet acide présente des constantes un peu différentes de celles indiquées, F 115°; $[\alpha]_{589}+88°$; $[\alpha]_{579}+95°$; $[\alpha]_{546}+118°,5$ (éthanol; concentration 1,5 %).

Son ester éthylique résulte de l'action de l'oxalate d'éthyle sur la méthyl-3 cyclohexanone en présence d'éthylate de sodium, suivie de l'élimination d'oxyde de carbone par chauffage (3). La séparation des isomères est impossible par suite de leur tautomérisation en une forme énolique commune, existant en proportion de 8 % dans le liquide distillé $É_{13}$ 124°; d_{25} 1,035; n_D^{25} 1,4744; $[\alpha]_{546}+119°,4$; Raman cm^{-1} 1372, 1441, 1460, 1625, 1661. (La raie 1625 rappelle celle de l'acétylacétate d'éthyle 1632, et doit correspondre à la double liaison de l'énol.)

II. *Méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ éthyloïque)-1 cyclohexanes et méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ alcoyl-1$_1$ éthyloïque)-1 cyclohexanes actifs.* — Leurs esters éthyliques sont préparés par action des esters d'acides α bromés sur la méthyl-3 cyclohexanone selon la méthode de G. Darzens et P. Lefébure (4). Les isomères ne peuvent être séparés parfaitement par distillation, mais on obtient les fractions suivantes :

	$É_{15}$.	d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{546}$.
Méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ éthyloate d'éthyle)-1 cyclohexane.	136°	1,027	1,4543	+32°,1
Méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ méthyl-1$_1$ éthyloate d'éthyle)-1 cyclohexane........	144	1,007	1,4542	— 9 ,9
Méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ éthyl-1$_1$ éthyloate d'éthyle)-1 cyclohexane........	151	1,004	1,4585	—10 ,3

La décomposition thermique des acides glycidiques conduit aux aldéhydes ou cétones.

Le méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ éthyloïque)-1 cyclohexane donne lieu à un mélange sensiblement équimoléculaire des deux méthyl-3 méthylal-1 cyclohexanes A (semicarbazone F 135°) et B (semicarbazone F 157°) déjà obtenus à partir des méthyl-3 chloro-1 cyclohexanes et des méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ méthyl)-1 cyclohexanes (5).

La décomposition du méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ méthyl-1 éthyloïque)-1 cyclohexane (Rdt 70 %) fournit un mélange des deux méthyl-3 éthylone-1 cyclohexanes, isomères. L'une est abondante (80 %) : semicarbazone F 195-196°; $[\alpha]_{546}-6°,9$ (éthanol; concentration 0,4 %); l'autre, formée en plus faible quantité : semicarbazone F 160°; $[\alpha]_{546}-20°,5$ (éthanol; concentration 0,4 %).

(2) *J. Chem. Soc.*, 99, 1911, p. 526.

(3) A. Koetz et L. Hesse, *Ann. der Chem.*, 342, 1905, p. 314; 350, 1906, p. 210; 358, 1908, p. 198.

(4) *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 714; 144, 1907, p. 1123.

(5) M. Mousseron et Granger, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1500.

Ces deux cétones ont été identifiées avec les méthyl-3 éthylone-1 cyclohexanes issues de la fixation de l'éthanal sur les méthyl-3 chloromagnésyl-1 cyclohexane, suivie de l'oxydation des alcools. Le métyl-3 chloro-1 cyclohexane A, $[\alpha]_{546} - 0°,77$ [6] conduit à la semicarbazone A, F 160°; l'isomère B, $[\alpha]_{546} - 0°,45$ à la semicarbazone B, F 195-196°.

		d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.	$\frac{\alpha_{546}}{\alpha_{579}}$.
Méthyl-3 éthylone-1 cyclohexane	A...	0,906	1,4455	+8°,01	+6°,74	1,188
	B...	0,902	1,4469	+7°,41	+6°,24	1,181

Le passage de l'isomère B à l'acide méthyl-3 cyclohexane carbonique B (anilide F 110°) a été réalisé par oxydation à l'aide de l'hypobromite.

Parallèlement a été provoquée l'isomérisation par chauffage en présence de Cl^2Zn des méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ éthyl)-1 cyclohexanes $É_{760}$ 175°; $É_{30}$ 96°; d_{25} 0,903; n_D^{25} 1,4505; $[\alpha]_{546} - 23°,65$; $[\alpha]_{579} - 20°,82$, provenant de l'oxydation perbenzoïque du méthyl-3 éthylidène-1 cyclohexane $É_{760}$ 152°; d_{25} 0,820; n_D^{25} 1,4572; $[\alpha]_{546} - 58°,52$; $[\alpha]_{579} - 51°,17$, dont les constantes rappellent celles qui ont été déjà indiquées [7]; elle conduit aux deux cétones avec prédominance de l'isomère B.

Enfin, de la décarboxylation des méthyl-3 (époxy-1.1$_1$ éthyl-1$_1$ éthyloïque)-1 cyclohexanes résultent les méthyl-3 (propylone-1$_1$)-1 cyclohexanes, dont l'une des semicarbazones a été isolée F 136°; $[\alpha]_{546} - 18°,5$ (éthanol; concentration 0,4 %). Elle paraît répondre à la structure A et a été préparée, ainsi que la semicarbazone B, F 114°; $[\alpha]_{546} - 12°$ (éthanol; concentration 0,4 %), à partir des méthyl-3 chloro-1 cyclohexanes.

		d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.	$\frac{\alpha_{546}}{\alpha_{579}}$.
Méthyl-3 (propylone-1$_1$)-1 cyclohexane	A..	0,895	1,4459	+9°,39	+7°,89	1,190
	B..	0,901	1,4454	+4°,95	+4°,16	1,189

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les produits d'hydrolyse acide du saccharose-phosphate.* Note de MM. **Jean Courtois** et **Marcel Ramet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le saccharose phosphorylé par l'oxychlorure de phosphore en présence de chaux fournit un corps qui a la composition d'un ester monoorthophosphorique [1]. La constitution de ce corps n'a pas encore été établie, mais on le considère habituellement comme homogène. Nous apportons quelques nouvelles données en faveur de son homogénéité. Nous avons fractionné le

---

(6) M. Mousseron et Granger, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1486.

(7) W. N. Haworth, W. H. Perkin et O. Wallach, *Ann. der Chem.*, 379, 1911, p. 131.

(1) Neuberg et Pollack, *Biochem. Zeitschr.*, 23, 1909, p. 515.

saccharosephosphate de baryum par précipitation soit par l'alcool méthylique, soit par l'alcool éthylique : les diverses fractions obtenues ont sensiblement le même pouvoir rotatoire dextrogyre. La cristallisation fractionnée du saccharosephosphate de strychnine a permis de préparer divers échantillons fondant entre $+179°$ et $+182°$. Par suite d'un phénomène de compensation, ces divers sels ne dévient que d'une façon insignifiante la lumière polarisée.

Le saccharosephosphate de baryum, préparé à partir du sel de strychnine, a un pouvoir rotatoire très largement supérieur à celui du sel de baryum avant toute purification.

Hatano [2], Sabetay et Rosenfeld [3] ont montré que, par hydrolyse oxalique à 100°, le saccharosephosphate fournit du fructose et un glucosephosphate dit ester de Hatano [2]. Nous avons repris cette étude et constaté que, si le fructose et le glucosephosphate prédominent dans les produits d'hydrolyse, il se forme également du glucose et un fructosephosphate.

1° En se basant sur les pouvoirs rotatoires de l'ester de Hatano et du fructose, l'hydrolysat du saccharosephosphate par l'acide oxalique présente un pouvoir rotatoire lévogyre nettement inférieur en valeur absolue à celui que l'on peut calculer en supposant l'existence d'un mélange équimoléculaire de fructose et d'ester de Hatano.

2° Après hydrolyse oxalique à 100°, nous neutralisons par la baryte à pH 6,6-6,8, pour éviter toute isomération de sucres en milieu alcalin. L'oxalate de baryum est séparé par filtration, la solution est concentrée et l'ester phosphorique précipité par l'alcool à l'état de sel de baryum. Le filtrat renfermant les sucres est évaporé à sec sous vide, repris par l'alcool méthylique bouillant, évaporé à nouveau et enfin repris par l'eau. La déviation polarimétrique de la solution, sa teneur en sucres réducteurs dosés au cuivre et en aldoses dosés à l'hypoïodite, l'obtention de glucosazone, indiquent que les sucres libérés sont constitués par un mélange de glucose et fructose renfermant selon les essais de 37 à 46 % de glucose.

3° L'ester de Hatano présente les caractères d'un composé hétérogène. Les divers échantillons obtenus à l'état de sel de baryum ont des pouvoirs rotatoires spécifiques discordants $(\alpha)_D^{20°}$ de $+2°,16$ à $+4°,7$. La libération de l'acide phosphorique par l'acide sulfurique N à 100° ne s'effectue pas selon une réaction monomoléculaire, les esters homogènes sont hydrolysés selon une réaction monomoléculaire [4].

Cet ester réduit la liqueur de Fehling comme $0^{mol},47$ de glucose pour une molécule d'acide phosphorique estérifié. C'est d'ailleurs un fait bien connu que l'introduction de substituants sur les fonctions alcools d'un sucre diminue son pouvoir réducteur sur le cuivre. Par contre les substituants ne modifient pas

---

(2) *Ibid.*, **159**, 1925, p. 175.
(3) *Ibid.*, **162**, 1925, p, 469.
(4) P. Fleury et J. Courtois, *Bull. Soc. Chim. France*, **9**, 1942, p. 570.

l'oxydabilité de la fonction aldéhyde par l'hypoïodite; cependant une molécule d'acide phosphorique estérifié ne correspond qu'à $0^{mol},58$ d'aldose.

Diverses déterminations accessoires nous ont montré que l'hypoïodite semble oxyder totalement les fonctions aldéhydiques de l'ester.

Par hydrolyse acide à 37°, il n'y a pas augmentation de la réduction de l'hypoïodite, tandis que la réduction du cuivre augmente parallèlement à la libération de l'acide phosphorique.

Après hydrolyse totale par la phosphatase d'Amande, les sucres libres ont été séparés, après dosage au polarimètre et par la liqueur de Fehling ils se comportent comme un mélange de 70 % de glucose et 30 % de fructose.

4° L'ester de Hatano a été oxydé par le brome, nous avons pu séparer le sel de baryum très insoluble d'un acide phosphogluconique. Ce corps, dont nous poursuivons l'étude, semble différent des acides phospho-3 ou 6 gluconiques actuellement connus. Les eaux mères contiennent un ester réducteur isolé sous forme de sel de baryum. Ce corps lévogyre $(\alpha)_D^{20°} - 11°,2$ peut être considéré comme un monoester phosphorique du fructopyranose. En effet une molécule d'acide phosphorique estérifié correspond à $0^{mol},43$ de glucose par réduction du cuivre et seulement 0,13 à l'hypoïodite. Le sucre obtenu par hydrolyse phosphatasique est du fructose : pouvoirs rotatoire et réducteur, formation de glucosazone.

5° Nous signalerons qu'au cours de nos essais d'hydrolyse acide du saccharosephosphate nous avons toujours observé la formation d'un net excédent d'aldoses par rapport aux cétoses. La différence est nettement plus marquée qu'en hydrolysant le saccharose dans des conditions similaires. Ces faits, joints à d'autres résultats, laissent présumer que, au cours de l'hydrolyse acide de l'ester de Hatano, une partie du fructose s'isomérise en glucose.

Conclusions. — L'hydrolyse acide du saccharosephosphate est complexe. Elle fournit à côté d'un mélange de glucosephosphate et de fructose, fait déjà connu, du glucose et un fructosephosphate en proportions moins considérables que celles des deux premiers corps.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence du reboisement sur les glissements de terrains.* Note de M. **Jean Messines**, présentée par M. Charles Jacob.

M. Jean Goguel [1], s'appuyant sur une observation faite par lui au lieudit Brette, près de Luc-en-Diois (Drôme), émet l'avis que la création d'une forêt peut, dans certaines conditions de terrain, provoquer des glissements.

L'étude à laquelle j'ai procédé du glissement en question amène à des conclusions différentes.

Il se produit sur un replat de terrains meubles, reposant sur les marnes schisteuses du Callovo-Oxfordien. La désagrégation des versants a produit un dépôt argileux assez important, acccumulé dans la partie basse du bassin de réception de Brette et y for-

[1] *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 124-125.

mant le replat sur lequel étaient installées autrefois des cultures et une maison d'habitation.

Cette formation hétérogène est le siège de glissements sous la poussée des eaux d'infiltration provenant, soit directement des pluies, soit encore de venues d'eaux souterraines. Les pentes, actuellement boisées, qui dominent le replat sont constituées par des bancs alternés de calcaires et de schistes, vraisemblablement rauraciens, qui représentent un niveau aquifère. La présence de ces eaux d'infiltration profonde est révélée sur les lieux par des suintements assez persistants, trahis par l'existence de quelques peupliers de haute tige et paraissent dus à la dispersion d'une source qui existait nécessairement quand la ferme de la Brette était habitée.

Le glissement s'est produit anciennement : les habitants âgés du pays se souviennent qu'il est contemporain de l'époque où la ferme de Brette était encore habitée et les terrains voisins cultivés. A cause des mouvements du terrain, les propriétaires du bâtiment durent le démolir pour le reconstruire en dehors de la zone instable. Effectivement on reconnaît, au centre des terrains en glissement, les ruines d'une construction ancienne dont les pierres ont été presque toutes utilisées pour la reconstruction, à une distance d'environ 200^{m}, à l'Est, en bordure du chemin, sur un éperon rocheux solide d'un bâtiment que M. Goguel appelle la *cabane forestière de Brette*. Il ne s'agit du reste nullement d'une construction du service forestier, mais simplement d'une maison vendue avec le terrain à l'Administration forestière et qui, inutilisée et non entretenue, menace ruine. La confrontation de différents plans, en date de 1885 et 1910, ainsi que la consultation de pièces d'archives, datant de 1890, de l'Inspection des Eaux et Forêts de Die, ne laissent aucun doute sur le fait que la première habitation a été démolie vers 1885 et reconstruite plus à l'Est.

Ainsi *le glissement de Brette est antérieur aux plantations*. Il s'agit d'un glissement banal, lié à des circonstances particulières d'ordre géologique, hydrologique et morphologique, facilement déterminables. *Le reboisement n'a pas arrêté le glissement, mais il ne l'a pas provoqué.*

D'une manière générale, l'expérience acquise depuis une soixantaine d'années par les forestiers dans les départements alpins permet de poser en principe que, en général et sauf de rares exceptions, *le rôle de la forêt est neutre en matière de glissements*. La forêt glisse lorsque des forces extérieures puissantes sont en jeu. Les phénomènes météorologiques, tels que des pluies exceptionnelles ou prolongées, la fusion brutale des neiges etc., jouent un rôle important, ainsi que la nature géologique du sol et le régime hydrologique. Les terrains de transport, particulièrement les moraines glaciaires, sont spécialement sujets à des glissements. La modification du régime des sources, le mauvais entretien des canaux d'irrigation en sont aussi des causes fréquentes. Mais, pour les mêmes raisons, les mêmes glissements affectent les terrains non boisés, au moins autant, sinon davantage, parce que la résistance du tapis végétal est souvent moindre que celle de la couverture boisée. Sur le sol nu, le fendillement des argiles sous l'action de la sécheresse, les alternatives de pluie et de sécheresse, donnent naissance à des crevasses plus nombreuses. Fréquemment, en ce cas, la présence de la forêt aurait un effet bienfaisant en atténuant les écarts entre sécheresse et humidité.

Enfin il est difficile de considérer en tous cas comme nuisible, ou simplement

inutile, le boisement d'un terrain en glissement. Au contraire, dans les travaux, toujours très délicats, entrepris pour corriger les glissements, les plantations ont eu généralement un rôle efficace comme complément du drainage ou de la déviation des eaux. Un exemple classique en est fourni par le vaste glissement des boues glaciaires de Mont-Denis, dans le bassin de réception du torrent de Saint-Julien-en Maurienne (Savoie). La forêt peut contribuer à fixer les sols instables, le cheminement de l'eau infiltrée étant plus facile et se produisant presque entièrement dans la tranche supérieure du terrain, rendue meuble par les racines.

GÉOLOGIE. — *Sur les brèches de Campo (Pyrénées aragonaises).* Note de M. **Pierre Hupé**, présentée par M. Charles Jacob.

Des observations faites en août 1939 sur la rive gauche de l'Esera me permettent d'apporter quelques précisions sur le problème des brèches de Campo.

1° *Substratum de la formation bréchique.* — La brèche repose sur le Permien; celui-ci apparaît en lames anticlinales dans le Barranco Rojo qui entaille les pentes méridionales du Tozal de Cervin au Nord de Campo.

2° *Age de la formation.* — Au contact de ces lames, la formation débute par environ 10^{m} de calcaire blanc *cénomanien*, daté par *Prealveolina cretacea* d'Archiac et *Præradiolites Fleuriaui* d'Orbigny [1] et criblé de blocs de Permien, avec fragments d'ophite subordonnés et rares morceaux du même calcaire cénomanien.

Plus haut, dans la même formation, en même temps qu'apparaissent des Hippurites de petite taille, les Préalvéolines se raréfient, les Préradiolites disparaissent et le calcaire se charge de silex noirs, tandis que l'ophite l'emporte progressivement sur le Permien.

L'épaisseur de la formation bréchique ne dépasse pas une centaine de mètres. Sa grande extension horizontale au fond du canyon d'Aguas Salenz est due à des replis. La brèche passe rapidement vers le haut à une puissante série à faciès flysch : au Sud, flysch calcaro-gréseux à pistes; au Nord, flysch calcaire pur, à peu près dépourvu de pistes. Le passage entre la brèche et le flysch calcaire septentrional se fait, le plus souvent, par l'intermédiaire d'une zone broyée, véritable mylonite pouvant atteindre 10^{m} de puissance, accompagnée d'une discordance tectonique d'environ 20°. Vers l'Ouest la discordance s'atténue rapidement, la mylonite disparaît et la brèche passe normalement au flysch dans le Barranco Rojo.

En ce qui concerne l'âge des brèches de Campo, il faut donc revenir à l'ancienne hypothèse de Roussel et Stuart-Menteath : elles sont bien l'équivalent des *conglomérats de Camarade* du versant nord-pyrénéen. Elles fournissent un jalon entre les brèches cénomaniennes des Pyrénées atlantiques

(1) A ces deux espèces s'ajoutent, en bordure de la zone axiale à S. Féliu, *Orbitolina concava* et des *Apricardia* de petite taille.

espagnoles et les brèches du Llobregat et de la Muga, que Dalloni a citées au même niveau à l'autre bout de la chaîne. Elles se situent à peu près sur le méridien de Saint-Gaudens, qui représente, dans les Pyrénées centrales, la limite occidentale des grands affleurements bréchiques de type Camarade.

3° *Extension de la brèche de Campo.* — Au Nord, dès la Punta de Madrid, le Cénomanien a repris le type normal. Au Sud l'extension de la brèche s'avère aussi très limitée, comme le montre un pointement anticlinal rencontré au milieu du flysch, au Sud de l'affleurement principal, dans un ravin qui descend vers Biescas de Campo. La brèche qui affleure à l'amont, passe vers le Sud, sur quelques mètres, à un calcaire à Alvéolines non bréchique, qui affleure ensuite largement avant de plonger sous le flysch à 250^{m} au Nord du chemin de Biescas à Beleder. Nous touchons donc ici la limite méridionale du faciès bréchique. Compte tenu des replis qui l'affectent, l'ensemble de la formation ne devait pas couvrir plus de 3 à 4^{km} en direction Nord-Sud. Vers l'Est, la brèche s'arrête aux contreforts du Turbon, dont le cœur comporte un cénomanien normal. Vers l'Ouest la limite est incertaine, par suite d'un ennoyage possible sous les calcaires du Cotiella. Dans tous les cas, l'extension en direction Est-Ouest est au minimum d'une dizaine de kilomètres.

4° *Tectonique de la brèche.* — Au point de vue tectonique, il faut reprendre l'interprétation de Ch. Jacob et R. Ciry, qui font de la brèche de Campo une écaille poussée au Nord, avec ce correctif qu'il s'agit d'une brèche essentiellement sédimentaire, et non pas d'une brèche tectonique. Le pointement de Biescas (voir ci-dessus) passe très rapidement vers l'Est à une écaille qui n'est probablement que la plus septentrionale d'une série d'accidents analogues développés sous le flysch. Ce style haché contraste singulièrement avec les déformations beaucoup plus amples des chaînons plus septentrionaux : c'est que là, au lieu de flysch plastique, se développent, dans la première partie du Crétacé supérieur, de puissantes masses de calcaires zoogènes peu favorables aux accidents de faible amplitude.

5° *Les reliefs sous-marins générateurs de la brèche.* — Vers la limite orientale de la formation, au-dessus des Fuentes de Turbon, la brèche s'enrichit d'un élément nouveau : ce sont des fragments d'une lumachelle jaune à Orbitolines, qui caractérise l'Albien à Castejon, dans le Turbon et dans la Sierra de Calvera. Les reliefs, dont l'attaque devait engendrer la brèche, ont donc pris naissance entre l'Albien et le Cénomanien et rentrent par conséquent dans le cadre des mouvements antécénomaniens, si développés sur le versant Nord.

L'allongement du gisement parallèlement à la chaîne et la nature des éléments prédominants de la brèche m'incitent à considérer l'aire de sédimentation bréchique comme un ancien pli à cœur permien et à revêtement surtout triasique, profondément érodé par des courants, pendant une durée qui dépasse largement le Cénomanien, si l'on en juge par les lits de brèche qui s'intercalent çà et là, en plein flysch gréseux, jusqu'à 250^{m} au-dessus du Cénomanien. Ce pli se situe à la limite du flysch calcaire développé au Nord et du flysch gréseux

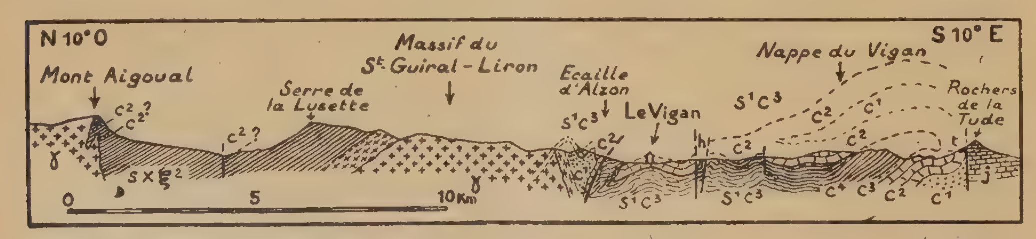
qui règne vers le Sud. Le passage entre les deux est extrêmement brusque. On peut émettre l'hypothèse que les mouvements antécénomaniens qui s'y manifestent, mouvements exceptionnels dans une région où l'Albien et le Cénomanien ne sont séparés par aucune érosion ni discordance, ont pour origine l'existence d'une zone faible à la limite entre ces deux aires de sédimentation.

GÉOLOGIE. — *Structure géologique des Cévennes méridionales. L'autochtone du Pays cévenol. La nappe du Vigan.* Note de M. **Bernard Gèze**, présentée par M. Charles Jacob.

Sous le nom de *Cévennes méridionales* je désigne la région de terrains antéhercyniens comprise entre le parallèle du Mont Lozère au Nord, les Grands Causses à l'Ouest et au Sud-Ouest, la bordure languedocienne secondaire au Sud-Est et à l'Est.

La majeure partie (*Pays cévenol* proprement dit) se compose presque uniquement de schistes séricileux ou parfois micacés (zone des micaschistes supérieurs) d'âge indéterminé (Antécambrien à Silurien ?), au sein desquels se sont formés les massifs granitiques hercyniens du Lozère au Nord, du Saint-Guiral-Liron, avec son apophyse de l'Aigoual, au Sud et à l'Ouest, et les schistes cristallins (diadysites et embréchites) de la bande Alès-Largentière dans l'Est. En faisant abstraction de cette bordure orientale, où l'on enregistre des poussées dirigées vers l'Ouest, l'ensemble du pays paraît correspondre à un vaste synclinorium hercynien autochtone relativement tranquille, quoique intéressé par des failles tertiaires de direction approximativement Ouest-Est.

De même que dans le Pays albigeois schisto-cristallin et le versant septentrional de la Montagne Noire, qui présentent les mêmes caractères et constituent son prolongement dans l'Ouest au delà du détroit des Causses, le Pays cévenol s'enrichit progressivement vers le Sud en horizons calcaires dont l'âge géorgien supérieur est probable. Les premiers, épais de 3 à 10^{m}, qui apparaissent dans le massif de l'Aigoual, font penser, par leurs répétitions, à la présence de plis ou d'écailles imbriqués poussés vers le Sud, la puissance apparente du complexe schisteux (environ 8^{km}) étant donc peut-être très exagérée.



c^2, Géorgien supérieur; c^1, Géorgien inférieur; $sx\xi^2$, Schistes cévenols; s^1, Ordovicien; c^4, Potsdamien; c^3, Acadien; h, Stéphanien; γ, Granite; j_r Jurassique; t, Trias.

Au Sud du Saint-Guiral, les calcaires, épais sans doute par places de plusieurs centaines de mètres mais très repliés, se trouvent à la base d'une caille ou mieux d'un pli-faille indiscutable, que l'on suit d'Alzon dans l'Ouest

jusqu'au Nord-Est du Vigan à l'Est. Dans sa moitié orientale, d'ailleurs à demi digérée par le granite au Nord, il est possible de distinguer entre des flancs calcaires un axe anticlinal schisto-gréseux probablement géorgien inférieur. Au Nord de la ligne de contact anormal, de petits replis synclinaux et des disharmonies de détail en compliquent la structure dans la zone du Col de Mourèze, avant qu'un plongement périclinal fasse disparaître le tout sous les schistes acado-siluriens. Dans ces derniers, on peut néanmoins reconnaître la suite du pli-faille vers l'Est à des dérangements visibles sur près de 10km.

Au Sud de cette unité tectonique, et jusqu'à la bordure de terrains secondaires, les calcaires géorgiens connaissent un développement incomparablement plus grand dans une zone qui me paraît entièrement déversée au Nord sur une distance d'environ 8km. Je la nomme *nappe du Vigan*, à la suite de Bergeron ([1]), qui en avait pressenti l'existence mais l'avait interprétée différemment. Je crois en effet qu'il convient de distinguer dans ce pli couché, dont tous les éléments sont visibles :

1° Une tête plongeante, qui s'encapuchonne en partie sous l'écaille d'Alzon aux environs mêmes du Vigan, où l'on trouve à la fois les schistes acado-siluriens du dessous (Cauvalat, Les Plos), du dessus (Sud-Est du Bout-du-Pont, Ouest et Sud de Bréau) et du front de la tête anticlinale des calcaires géorgiens (de Bréau au Vigan et à Paillerols, ainsi que plus à l'Est dans les témoins de Pont-d'Hérault et de Sumène).

2° Un flanc inverse, légèrement replissé et haché de failles ou décrochements SSO-NNE, qui constitue toutes les hauteurs comprises entre Avèze et Saint-Julien de la Nef (Monts de Saint-Bresson), au Sud de la grande faille tertiaire d'Alzon-Sumène, rejeu d'un sillon houiller stéphanien.

3° Une zone radicale, qui est nettement reconnaissable dans la série autochtone normale et fossilifère ([2]) de Montdardier-Saint-Laurent-le-Minier. De pendage nord dans la région de La Sanguinède-La Planque, elle se redresse à la verticale dans le Sud où commence l'ébauche du déversement. Son raccord avec la série inverse charriée est d'ailleurs à peine masqué par un peu de Trias dans l'Ouest.

Ainsi, du point de vue structural, tandis que l'on peut voir dans le Pays cévenol et ses écailles la suite du versant septentrional de la Montage Noire, la nappe du Vigan appartient au même ensemble tectonique que les accidents du versant méridional de la Montagne Noire ([3]).

Il résulte de cette observation que l'*orogénèse hercynienne aurait donné lieu dans les terrains antéstéphaniens bien datés du Midi de la France, sur une distance d'au moins* 150km *entre Pyrénées orientales* ([4]), *Montagne Noire et Cévennes*

([1]) *Bull. Soc. géol. France*, 4e série, 7, 1907, pp. 599-619.

([2]) Thoral et Debraban, *Les formations paléozoïques de la région du Vigan* (Gard), 69e *Congrès Soc. Sav.*, 1935, pp. 117-121.

([3]) Cf. les Notes précédentes, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 160, 238 et 324.

([4]) Rappelons que, dans la moitié orientale du petit massif primaire de Mouthoumet (Aude), il existerait des écailles dévoniennes comparables à celles de Cabrières dans la Montagne Noire (H. R. von Gaertner, *Abhandl. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys.*, 3, 17, 1937).

méridionales, à des déformations tantôt plastiques (nappes de Pardailhan et du Vigan), *tantôt cassantes* (écailles de Mouthoumet et de Cabrières), *mais toujours de caractère tangentiel.*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le soufre et la croissance des Bactéries pourpres.* Note de Mlle **Odile Gerhardt**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai analysé (¹) la courbe de croissance obtenue en fonction du temps pour une culture de Bactéries pourpres ensemencées dans un milieu liquide défini. Le soufre apparaît comme un facteur fondamental dans la croissance. Fourni à l'état de $Na^2S.9H^2O$, à la concentration de 0,08 % du milieu de culture, il est rapidement utilisé au cours du développement (²). Au bout de 6 jours, la teneur en sulfure est presque nulle; les dernières traces disparaissent vers le 10ᵉ jour. La comparaison de cette courbe avec celles que fournissent mesure de l'opacité et numération montre que la croissance cesse en fait quand le sulfure est disparu du milieu.

A vrai dire, dans l'expérience précédente, après 48 heures, la teneur en sulfure est légèrement supérieure à ce qu'elle était dans le milieu primitif; on peut penser que les granules de soufre apportés par l'ensemencement bactérien (8 milliers de bactéries par mm^3) ont été dissous par le sulfure. Expérimentalement, une telle dissolution est facile à mettre en évidence : des bactéries contenant beaucoup de soufre (par exemple 3 ou 4 granules par bactérie) ne comportent plus d'enclaves de soufre, après 5 minutes de séjour dans une solution de $Na^2S.9H^2O$ à 50 %. Il faut, au contraire, un temps long (de l'ordre de 24 heures) pour constater la disparition des granules dans une solution à 0,3 %.

On sait, depuis les recherches de Van Niel (³), que, dans le développement des Bactéries pourpres, le soufre peut être utilisé à des degrés d'oxydation différents. J'ai comparé par numération les croissances obtenues en présence de $Na^2S.9H^2O$, $S^2O^3Na^2.5H^2O$, $SO^4Na^2.10H^2O$.

SO^4Na^2 est sans action sur la croissance de la souche bactérienne utilisée. Ce fait est en accord avec les données classiques. Dans les cultures de Winogradsky en présence de gypse, les Bactéries pourpres n'apparaissaient qu'après que d'autres organismes aient amené la formation de H^2S.

L'emploi de Na^2S à des concentrations échelonnées fournit une courbe à maximum correspondant à une concentration de l'ordre de 0,006 de soufre %. La première partie de la courbe (concentration inférieure à 0,004 de soufre %) traduit une proportionnalité du nombre des bactéries à la quantité du soufre du milieu. La troisième partie de la courbe (concentrations supérieures à 0,012 de soufre %) exprime la toxicité du sulfure : la croissance est nulle et même la

(¹) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 461.

(²) Cf. *ibid.*, fig. 1, p. 462.

(³) *Arch. für Mikrob.*, **3**, 1932, p. 1.

numération indique la disparition d'une partie des corps bactériens ensemencés. La région intermédiaire combine effet stimulant et effet toxique. C'est d'ailleurs dans cette région que se place la concentration du milieu de culture que j'ai utilisé, concentration très inférieure à celle que Van Niel indique comme optimum pour les souches qu'il cultive ([1]).

L'emploi de $S^2O^3Na^2$ conduit également à une courbe avec un optimum. Celui-ci est beaucoup moins net que pour Na^2S. L'effet toxique est certainement faible par comparaison avec Na^2S. Aux concentrations supérieures à 0,01 %, les résultats ont été variables avec la saison : en mai-juin, le thiosulfate a à peine permis le développement des Bactéries; son efficacité pour la culture a cru jusqu'en décembre-janvier.

La toxicité propre des substances utilisées peut être accentuée par l'action du pH présenté par la solution : c'est ce que montre la réalisation d'expériences où le pH est ajusté par un tampon d'acide phosphorique à la valeur pH 8,2. La divergence entre les deux courbes (pH non ajusté, pH ajusté) commence vers la concentration de 0,01 de soufre % (le pH de la solution de Na^2S est alors 8,8) et se prolonge jusqu'à 0,025 de soufre % (pH 9,2). Dans cette zone, la toxicité est augmentée par l'action du pH.

Il était important de comparer l'action de ces produits solubles avec celle du soufre. J'ai utilisé ce corps sous la forme de fleur de soufre porphyrisée. C'est avec le soufre non combiné que la croissance est la meilleure. 300^{mg} par litre (0,03 de soufre %) assurent un développement (41000 bactéries par mm^3) que ne permet aucune concentration de Na^2S. L'accroissement se réalise encore au delà de $1^g,2$ par litre (0,12 de soufre %). Il est probable que le soufre est transformé, suivant le rythme même du développement de la culture, en produits solubles utilisables, et que le renouvellement des substances solubles utilisées se trouve permettre une expérience à concentration en produit actif maintenue constante, qui est impossible à réaliser en pratique avec un corps dissous.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des changements de température sur la respiration de l'*Hypnum triquetrum. Note de Mlle **Louise Derouet**, présentée par M. Marin Molliard.

L'étude de l'influence des variations de température sur la respiration végétale a été faite par E. Ziegenbein ([1]), puis par W. Palladine ([2]); leurs travaux, utilisant deux matériels profondément différents, concluent de façon opposée : pour Ziegenbein, un lot de plantes, placé à une température donnée, a une intensité respiratoire caractéristique de cette température et indépendante des conditions de température antérieures, si celles-ci étaient choisies dans les limites biologiques; pour Palladine, un lot de plantes, placé à une température

([1]) *Jahr. f. wiss. Bot.*, 25, 1893, p. 563.

([2]) *Rev. Génér. de Bot.*, 2, 1899, p. 241.

donnée, a une intensité respiratoire qui dépend largement des conditions de température antérieures : que ce soit de 10° ou de 36° qu'on amène un lot à 18°, sa respiration sera supérieure à celle d'un lot témoin maintenu à 18°.

J'ai repris cette question en utilisant comme matériel végétal l'*Hypnum triquetrum* L. à son maximum d'imbibition, et en employant après extraction et mesure des volumes gazeux, la méthode d'analyse avec l'eudiomètre simple de Plantefol.

Les résultats peuvent être exprimés en centimètres cubes de gaz carbonique produit par gramme de matière sèche et par heure, ou en pourcentage de l'intensité respiratoire des lots témoins pendant le même temps.

Les divers lots (3 témoins, 3 sujets), répartis dans des étuves réglées aux températures choisies (température témoin : 18°; sujets : 8°, 28° et 36°), étaient ramenés ensuite à 18° pour une période de 1 heure pendant laquelle l'intensité respiratoire était mesurée. La comparaison était obtenue avec une expérience témoin faite pour chaque lot à 18°.

Le tableau suivant montre les résultats expérimentaux concernant une expérience : en I, intensités respiratoires des divers lots, à 18°, au sortir des températures variables (lot 4 : 8°; lot 5 : 28°; lot 6 : 36°); en II, intensités respiratoires des mêmes lots dans l'expérience prise pour témoin; en III, les résultats sont exprimés par le rapport des intensités respiratoires I et II, pour chaque lot; en IV, les résultats expérimentaux sont corrigés en compensant la variation respiratoire, faible d'ailleurs, subie par les témoins entre les temps I et II.

	Lots témoins.			Lots sujets.		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
I..........	0,320	0,317	0,307	0,294	0,306	0,321
II..........	0,328	0,313	0,306	0,292	0,313	0,332
III..........	0,97	1,01	1,00	1,00	0,97	0,97
IV..........		1,00		1,01	0,98	0,98

Les temps de séjour dans les étuves à température variable ont été dans les diverses expériences échelonnés entre 30 minutes et 40 heures. Aucun de ces temps ne paraît avoir une action plus marquée. Si l'on fait la moyenne des valeurs trouvées pour les expériences réalisées suivant ce type, on constate que, si l'intensité respiratoire des témoins laissés constamment à 18° est posée égale à 100, celle que manifestent à 18° les lots qui ont passé aux températures différentes est :

pour	8°	28°	36°
	99	99	105

Pour avoir, à la fin de la période passée dans les diverses étuves, des lots aussi comparables que possible entre eux, il faudrait théoriquement que le dégagement de gaz carbonique dû au métabolisme respiratoire ait été le même pour les divers lots, et par conséquent qu'ils aient été exposés des temps différents à l'action des diverses étuves. Deux expériences ont été réalisées avec cette précaution. Elles ont fourni des résultats assez semblables aux précédents.

Au total le *changement de température* en lui-même est, pour l'*Hypnum triquetrum*, sans action sur l'intensité respiratoire.

Sur ce matériel adulte se trouve donc confirmée la conclusion que Ziegenbein avait obtenue par des expériences sur des plantules de *Vicia* et *Lupinus* en pleine croissance. Au contraire les résultats s'opposent à ceux de Palladine. Cet auteur utilisait les extrémités de tiges feuillées étiolées et placées au contact d'une solution de saccharose. Le séjour dans la solution sucrée permet peut-être aux cellules la formation de réserves qui manquent à une plante étiolée; mais son effet principal est, comme l'a montré Plantefol ([3]), de compliquer le phénomène respiratoire, en superposant aux oxydations normales du tissu les phénomènes d'oxydation extrinsèques. On peut faire l'hypothèse que par là-même s'explique la contradiction entre les deux séries de résultats, et il semble qu'on doive conclure d'une manière générale que l'*action des températures antérieures est négligeable* sur la respiration des végétaux, tandis que *la température actuelle* règle le niveau du métabolisme respiratoire.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Essai d'analyse de la dépense azotée globale. Les besoins liés aux productions épidermiques.* Note de MM. **Raymond Jacquot** et **Marcel Brunaud**, présentée par M. Louis Lapicque.

Si la notion d'un minimum d'azote indispensable dans la ration est quantitativement et qualitativement bien établie, par contre on ne connaît que fort mal la part qui revient à chacune des activités physiologiques qui concourent à la dépense azotée globale. On est particuliérement mal renseigné sur les quantités et les formes d'azote mises en œuvre pour la production des phanères.

Quelques travaux ont été faits sur la mue des Oiseaux et quelques autres sur les facteurs améliorant la pousse de la Laine. A notre connaissance il n'existe aucune recherche tendant à déterminer la part des phanères dans l'ensemble de la rétention azotée. Quelle est son importance quantitative? La distinction établie entre protides efficaces et inefficaces demeure-t-elle entièrement valable lorsqu'il s'agit de ce besoin azoté particulier? C'est pour tenter de répondre à ces questions que nous avons entrepris les recherches expérimentales suivantes :

Nous avons étudié l'influence que pouvait avoir une tonte aussi complète que possible sur les bilans azotés du Rat blanc. Les animaux adultes (175 à 250^g), maintenus à 25°, température de la neutralité thermique chez le sujet normal, étaient soumis à un régime renfermant 20 % (du poids sec) soit de caséine, soit d'hydrolysats protidiques acides. Alors que la caséine est réputée une forme azotée efficiente, on sait que les hydrolysats acides, dépourvus de tryptophane, sont absolument incapables de satisfaire le besoin d'azote. Ils entraînent chez l'animal normal une chute de poids et un bilan azoté déficitaire.

Nous avons procédé au dosage de l'azote ingéré, de l'azote urinaire et de

([3]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1886; **207**, 1938, p. 83.

l'azote fécal. Voici les résultats moyens, exprimés en milligrammes d'azote par jour, et calculés, soit sur une pré-période de 15 à 30 jours, soit semaine par semaine après tonte.

Bilans journaliers moyens (milligrammes d'azote).

Rat.	Avant tonte.	Après tonte. 1re sem.	2e sem.
	Caséine.		
1....	+ 64	+ 74	+ 74
2....	+ 109	+ 88	+ 100
3....	+ 78	+ 67	+ 83
4....	+ 73	+ 81	+ 111
	Hydrolysat de fibrine.		
1....	— 47	— 6	+ 11
2....	— 18	— 56	+ 5
3....	— 47	+ 39	+ 84
4....	— 115	+ 19	+ 106
5....	— 81	+ 45	+ 48
6....	— 120	— 46	+ 115
7....	— 62	+ 14	+ 46

Rat.	Avant tonte.	Après tonte. 1re sem.	2e sem.	3e sem.
	Hydrolysat de caséine.			
A....	— 66	— 28	— 1	+ 16
B....	— 58	+ 10	+ 52	+ 3
C....	— 34	+ 32	+ 92	+ 70
D....	— 58	+ 7		
E....	— 72	— 29		
F....	— 41	+ 1		
G....	0	+ 17		
	Hydrolysat de kératine.			
I....	— 4	— 29	+ 37	
II....	— 4	— 17	+ 16	
III...	— 29	— 13	+ 22	
IV...	— 4	— 15	0	
V....	— 67	— 4	— 35	
VI...	— 116	— 92	— 51	
VII...	— 102	— 42	— 16	

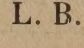
Lorsque les rats sont alimentés à la caséine et accusent une rétention azotée, la tonte n'a aucune répercussion sur la valeur des bilans. Il est impossible de discriminer la part qui revient aux phanères lorsque l'animal dispose d'un excès d'azote utilisable.

Au contraire, soumis au régime des hydrolysats protéiques, les rats présentent, dans la pré-période, des bilans azotés toujours déficitaires. *Après la tonte, ceux-ci deviennent moins négatifs et souvent même fortement positifs.* Ce phénomène est absolument indépendant de l'état nutritif des sujets, qui continuent à beaucoup maigrir malgré ce gain d'azote. La tonte représentant une perte azotée d'environ 500^{mg}, il est intéressant de constater qu'une spoliation aussi minime a une telle répercussion sur l'ensemble du métabolisme azoté. Les besoins des phanères seraient-ils donc plus impérieux que les autres besoins azotés somatiques ?

On voit en outre que la tonte, donc l'exagération d'une production épidermique, entraîne des besoins qualitativement très différents du besoin azoté global. Elle permet l'utilisation de formes protéiques totalement inefficaces pour le sujet normal. Des différences se sont fait jour, selon la nature des hydrolysats, dans le rapport (N retenu/N ingéré), ce qui nous a conduits à calculer un *rendement* propre à chaque aliment.

A 15^{h}55^{m} l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}15^{m}.



L. B.

